



Departamento
de Engenharia Mecânica

Projeto de uma Instalação recetora de gás natural

Projeto apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica
Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos

Autor
Tiago Jorge Caldeira Carvalhal

Orientador
Gilberto Cordeiro Vaz

Instituto Politécnico de Coimbra
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, dezembro 2015

AGRADECIMENTOS

É com muita satisfação que expresso aqui o mais profundo agradecimento a todos aqueles que tornaram a realização deste trabalho possível.

Trabalhar e estudar paralelamente nunca é fácil, no entanto, a compreensão, incentivo e encorajamento proveniente da família e amigos, em especial da minha esposa, deu-me bastante força para concluir este projeto. Para eles vai o meu agradecimento.

Gostaria também de agradecer ao professor Gilberto Vaz, orientador deste projeto, pelo apoio e disponibilidade manifestada que ajudaram à concretização deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se um projeto de uma instalação recetora de gás natural, com base na legislação em vigor, destinada a abastecer uma unidade industrial com uma potência nominal de 596 kW, distribuídos por nove equipamentos alimentados a gás natural. Os equipamentos são para uso industrial e correspondem a dois aquecedores de teto, quatro fornos cerâmicos e três maçaricos.

Neste projeto apresenta-se a caracterização das partes constituintes da instalação recetora de gás natural, nomeadamente, os dois andares de redução de pressão, a rede de distribuição e a instalação de gás, bem como os pormenores de instalação e montagem dos equipamentos, tubagem e acessórios a ele pertencentes.

O dimensionamento da tubagem foi realizado tendo em conta as equações de Renouard, baseado no método dos comprimentos equivalentes. É também realizado um estudo para se verificar o erro de cálculo desse comprimento para cada troço quando se utiliza um método aproximado na determinação das perdas de carga locais.

Executou-se, ainda, um estudo económico discriminado desde a válvula de corte a jusante do posto de regulação e medida até à rampa de gás, com o objetivo de dar a conhecer os custos da obra ao cliente final.

Todos os desenhos e pormenores do traçado da tubagem e válvulas de corte foram realizados no programa AUTOCAD que devem servir de referência para uma posterior entrada em obra.

Palavras-chave: Gás natural; projeto de gás natural; instalação de gás; posto de regulação e medida; instalação recetora de gás natural; equipamentos a gás; dimensionamento de redes de gás.

ABSTRACT

This paper presents a project of a receiving installation of natural gas, based on the existent legislation, designed to supply an industrial unit with a rated power of 596 kW, split in nine equipment powered by natural gas. The equipment is for industrial use and corresponds to two Ambirad, four ceramic kilns and three blowtorches.

This project is represented by the characterization of the constituent parts of the receiving installation of natural gas, in particular, by the two stages of pressure reduction, the distribution network and installation of gas, as well as the construction details and mounting of equipment, piping and accessories belonging to the project.

The pipe line sizing was done based on the Renouard equations and on the method of equivalent lengths. It also presents a research to analyze the miscalculation of the equivalent length for each section when using an approximate method in the determination of local pressure drops.

An economic discriminated study was also done, since shut-off valve downstream of the regulating and measure station up to the second stage of reduction, with the goal of informing the client to the costs of the construction.

All drawings and details of the piping layout and shut-off valves were executed in AUTOCAD program which should serve as a reference for later access at construction.

Keywords: Natural gas; natural gas project; gas installation; regulating and measure station; receiving installation of natural gas; gas equipment; gas pipe line sizing.

I - ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
I - ÍNDICE	iv
II – ÍNDICE DE FIGURAS	vii
III - ÍNDICE DE TABELAS	viii
SIMBOLOGIA	ix
ABREVIATURAS	xi
GLOSSÁRIO.....	xii
CAPÍTULO 1 – Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	1
CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	2
2.	2
2.1 Importância do Gás Natural.....	2
2.2 Caracterização do Setor em Portugal.....	3
CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DO PROJETO	4
3.	4
3.1 Introdução	4
3.2 Características e Tipo de Utilização da Unidade Fabril.....	4
3.3 Descrição da Instalação Recetora de Gás Natural	5
3.4 Características dos Aparelhos de Queima	6
3.5 Características do Gás Natural.....	7
CAPÍTULO 4 – POSTO DE REGULAÇÃO E MEDIDA - 1º ANDAR DE REDUÇÃO	9
4.	9
4.1 Descrição	9
4.2 Tipo de Funcionamento	9
4.3 Pressão de Serviço	10
4.4 Instalação	10
CAPÍTULO 5 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS	12

5.	12
5.1 Descrição	12
5.2 Pressão de Distribuição	12
5.3 Tubagem	12
5.4 Ligações Tubagem PEAD	14
CAPÍTULO 6 – INSTALAÇÃO DE GÁS	15
6.	15
6.1 Descrição	15
6.2 Caixa de Corte Geral	15
6.3 Pressão de Distribuição	15
6.4 Tubagem	16
6.5 Ligações Tubagem Aço	18
6.6 Rampa de Gás	19
CAPÍTULO 7 – EQUIPAMENTOS	20
7.	20
7.1 Manómetros	20
7.2 Válvulas de Corte	21
7.2.1 Válvula de corte geral	21
7.2.2 Válvulas de corte aos equipamentos a gás	21
7.2.3 Dispositivo de controlo - electroválvula	22
7.3 Filtros	23
7.3.1 Filtros da rampa de gás	23
7.3.2 Filtro do posto de regulação e medida	23
7.4 Redutores/Reguladores de Pressão	24
7.4.1 Redutor do posto de regulação e medida	24
7.4.2 Redutores/Reguladores de pressão da rampa de gás	25
7.5 Contadores	25
7.5.1 Contador do posto de regulação e medida	25
7.5.2 Contadores da rampa de gás	26
7.6 Ligação aos Aparelhos	27
CAPÍTULO 8 – DIMENSIONAMENTO DA TUBAGEM E EQUIPAMENTO DO PRM...	28
8.	28

8.1	Considerações e Equações para o Dimensionamento da Tubagem	28
8.2	Comprimento Equivalente	31
8.3	Considerações e Equações para o Dimensionamento do Equipamento do PRM	32
8.3.1	Diâmetro da tubagem.....	32
8.3.2	Regulador de pressão do PRM	35
8.3.3	Filtro do PRM.....	35
CAPÍTULO 9 - CONDIÇÕES PARA ENTRADA EM SERVIÇO		36
9.	36
9.1	Requisitos para Instalação	36
9.2	Qualidade dos Materiais	36
9.3	Ensaaios	36
9.3.1	Soldadura	37
9.4	Entrada em Serviço	38
9.5	Manutenção e Inspeções	38
CAPÍTULO 10 – ESTUDO ECONÓMICO		39
10.	39
10.1	Descrição	39
10.2	Estudo Económico	39
CAPÍTULO 11 – CONCLUSÃO		43
11.	43
11.1	Conclusões Gerais.....	43
11.2	Desenvolvimentos Futuros	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		45
ANEXOS		49

II – ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de um posto de regulação e medida	9
Figura 2 - Distâncias mínimas de segurança entre o PRM e outras infraestruturas (EDP Gás, 2014).....	11
Figura 3 – Instalação de elétrodos de terra (EDP Gás, 2014)	11
Figura 4 - Distâncias mínimas entre a rede de gás e outras infraestruturas (EDP Gás, 2014) .	13
Figura 5 - Instalação da tubagem de PEAD emergente do solo. (Portaria nº 361/98)	13
Figura 6 - Instalação de tubagem de aço em atravessamentos (Portaria nº 361/98)	16
Figura 7 – Sistema de suporte para tubagem de aço	17
Figura 8 – Acessórios para tubagem de aço	18
Figura 9 – Exemplo de uma rampa de gás	19
Figura 10 – Manómetro	20
Figura 11 – Válvula de corte geral	21
Figura 12 – Válvula de corte aos equipamentos a gás.....	22
Figura 13 – Electroválvula	22
Figura 14 – Filtros da rampa de gás	23
Figura 15 – Filtro do posto de regulação e medida	24
Figura 16 – Regulador do posto de regulação e medida	24
Figura 17 – Contador do posto de regulação e medida	26
Figura 18 – Contador da rampa de gás	27

III - ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos aparelhos de queima	6
Tabela 2 - Composição química do gás natural do tipo H (REN, 2008).....	7
Tabela 3 - Características físicas do gás natural do tipo H (Mesquita, 2007)	8
Tabela 4 - Afastamento para tubagens à vista. (Portaria nº 361/98)	16
Tabela 5 - Afastamento entre suportes para tubagem de aço (UNE 60740-4).....	17
Tabela 6 - Seleção dos redutores/reguladores de pressão	25

SIMBOLOGIA

A	– Área do filtro [m ²]
C _g	– Coeficiente de caudal da válvula
D _{calculado}	– Diâmetro calculado [mm]
D _i	– Diâmetro interior [mm]
D _{ext}	– Diâmetro exterior [mm]
d _c	– Densidade corrigida
d _r	– Densidade relativa
e	– Espessura da tubagem [mm]
E	– Limite elástico do aço da tubagem
F	– Fator de segurança relativo à categoria de localização
F _s	– Fator de simultaneidade [%]
h	– Altura [m]
J	– Perda de carga quadrática média [mbar ² /m]
J%	– Nível das perdas de carga locais [%]
K _g	– Coeficiente de caudal do regulador
Leq.	– Comprimento equivalente [m]
Leq.máx.	– Comprimento equivalente do trajeto crítico [m]
Leq.local	– Comprimento equivalente das perdas de carga localizadas [m]
L _{real}	– Comprimento do troço [m]
L _{crítico}	– Soma dos comprimentos dos diversos troços de tubagem que constituem o trajeto crítico [m]
P _e	– Pressão entrada [bar]
P _f	– Pressão final (dinâmica) [bar]
P _{fc}	– Pressão final corrigida (dinâmica + estática) [bar]
P _i	– Pressão inicial no troço [bar]
P _m	– Pressão média no troço [bar]
P _{max}	– Pressão absoluta máxima de operação [bar]
P _{abast}	– Pressão de abastecimento [bar]
P _s	– Pressão saída [bar]
Pot	– Potência [kW]

PCI	– Poder calorífico inferior [MJ/m ³ (n)]
P ₀	– Pressão atmosférica [bar]
Q _{troço}	– Caudal no troço [m ³ /h (n)]
Q	– Caudal [m ³ /h (n)]
Q _{total}	– Caudal total [m ³ /h (n)]
T _{amb}	– Temperatura ambiente [°C]
v	– Velocidade no troço [m/s]
V _f	– Velocidade no filtro [m/s]
ΔP	– Perda de carga no troço [mbar]
ΔP _{acum}	– Perda de carga acumulada no troço [mbar]
ΔP _{adm}	– Perda de carga admissível [mbar]
η	– Rendimento [%]

ABREVIATURAS

ANSI	– <i>American national standards institute</i> (Instituto nacional americano de padrões)
ASTM	– <i>American society for testing and materials</i> (Associação Americana para testes e materiais)
EN	– Norma europeia
EI	– Entidade inspetora de gás
GPL	– Gás de petróleo liquefeito
IRGN	– Instalação recetora de gás natural
ISO	– <i>International organization for standardization</i> (Organização internacional para padronização)
LNG	– <i>Liquefied natural gas</i> (Gás natural liquefeito transportado por barco (Metaneiro))
NP EN	– Versão portuguesa da norma europeia
NP	– Norma portuguesa
PCI	– Poder calorífico inferior
PCS	– Poder calorífico superior
PRM	– Posto(s) de regulação e medida
PRP	– Posto(s) de redução de pressão
PFM	– Posto(s) de filtragem e medida
PEAD	– Polietileno de alta densidade
RD	– Rede de distribuição
RNTGN	– Rede Nacional de Transporte de Gás Natural
SI	– Sistema internacional de unidades
UNE	– <i>Una norma española</i> (Uma norma espanhola)
VCG	– Válvula de corte geral

GLOSSÁRIO

Acessibilidade de grau 1: Situação em que o acesso a um dispositivo pode fazer-se sem dispor de escadas nem de meios mecânicos especiais.

Acessibilidade de grau 2: Situação em que o acesso a um dispositivo dispensa escadas, mas não meios mecânicos especiais.

Acessibilidade de grau 3: Situação em que o acesso a um dispositivo só é possível utilizando escadas e meios mecânicos especiais.

Aparelho a gás: Aparelho alimentado com gases combustíveis e abrangido pela Diretiva dos Aparelhos a Gás.

Aparelho do tipo A: Equipamento concebido para não ser ligado a condutas ou dispositivos de evacuação, os gases de combustão produzidos são libertados diretamente para a atmosfera envolvente.

Aparelho do tipo B: Equipamento concebido para ser ligado a condutas de evacuação, através da qual se faz a exaustão dos gases da combustão para o exterior do compartimento onde está instalado o aparelho.

Aparelho do tipo C: Equipamento de circuito estanque, isto é, recebe o ar de combustão e descarrega os gases de queima respetivamente de e para o exterior do edifício, através de condutas fornecidas com o aparelho.

Certificado de inspeção: Documento emitido por uma Entidade Inspetora que atesta a conformidade da instalação, após ter procedido à inspeção das partes visíveis, aos ensaios da instalação e à verificação das condições de ventilação e de evacuação dos produtos da combustão (de acordo com Portaria 362/2000 de 20 de junho, com as alterações introduzidas pela Portaria 690/2001 de 10 de julho).

Eletrossoldadura: Processo de soldadura que utiliza acessórios eletrossoldáveis do mesmo material dos elementos a soldar, os quais possuem internamente, resistências elétricas, que submetidas a uma tensão elétrica, em condições bem definidas, aquece os elementos a soldar a uma temperatura que torna possível a ligação.

Entidade distribuidora: Entidade concessionada ou licenciada para a distribuição de gás natural, bem como a entidade exploradora de redes e ramais de GPL reconhecida pela DGEG nos termos previstos no respetivo Estatuto.

Entidade inspetora de gás: Organismo de inspeção, nos termos da norma aplicável para acreditação, reconhecida nos termos do Estatuto das Entidades Inspetoras de Gás que procede, nomeadamente, à apreciação e aprovação de projetos de instalações, à inspeção das redes e ramais de distribuição, das instalações e da montagem e funcionamento dos aparelhos, bem como à verificação das condições de ventilação dos locais onde esteja prevista a montagem de aparelhos, de acordo com as indicações do projeto de ventilação do edifício, transmitidas através do projeto da instalação.

Entidade instaladora: Entidade reconhecida nos termos do estatuto das entidades instaladoras e que procede à execução, manutenção, reparação, alteração ou ampliação de instalações e à montagem ou reparação dos correspondentes aparelhos.

Gasoduto: É o conjunto de tubagens e acessórios responsáveis pelo transporte do gás natural. O projeto, construção, exploração e manutenção de gasodutos de transporte de gases combustíveis é regulamentado pela Portaria nº 390/94.

Índice de wobbe: Razão entre o poder calorífico superior e a raiz quadrada da densidade relativa do gás.

Metro cúbico normal - m³ (n): É a quantidade de gás seco contida no volume de um metro cúbico à temperatura de 0 °C e à pressão absoluta de 1,013 bar.

Poder calorífico superior (PCS): É a soma da energia liberada na forma de calor e a energia gasta na vaporização da água que se forma numa reação de oxidação.

Poder calorífico inferior (PCI): É a energia liberada na forma de calor.

Rede de distribuição: Rede de distribuição de gás canalizado cuja pressão máxima de serviço é menor ou igual a 4 bar.

Regulador ou redutor de pressão: Dispositivo que permite reduzir a pressão de entrada do gás, compreendida entre valores determinados, regulando-a para uma pressão a jusante prefixada.

Schedule ou SCH: É a espessura de parede da tubagem de aço em relação ao seu diâmetro. Estes valores estão tabulados na norma ANSI B 36.10M.

SDR: *Standard dimension ratio* ou razão dimensional standard “normalizado” em que $SDR = D \text{ (diâmetro)[mm]} / e \text{ (espessura)[mm]}$.

Soldadura topo a topo de PEAD: Processo de soldadura onde são aquecidas as extremidades da tubagem a unir através do uso de uma placa de aquecimento que aumenta a temperatura do PEAD até à temperatura de fusão. As variáveis do processo são: temperatura, pressão e tempo.

Termo de responsabilidade da instalação de gás: Documento emitido pela entidade instaladora atestando a conformidade da instalação com o projeto e com a legislação vigente e regras aplicáveis de acordo com o Despacho 6934/2001 de 4 de abril (2ª série). Declara, também, que foram realizados os ensaios indicados com resultados satisfatórios.

CAPÍTULO 1 – Introdução

1.1 Enquadramento

Este trabalho de projeto enquadra-se no âmbito da unidade curricular de Projeto do Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos e insere-se na área de projeto de redes de gás natural.

O tema justifica-se devido à importância da utilização do gás natural quer no setor industrial quer no setor doméstico e, por ser uma área em forte evolução, apesar da estagnação do setor dos últimos anos devido à conjuntura atual Portuguesa.

Este projeto divide-se nas seguintes partes principais: Enquadramento, descrição do projeto, dimensionamento da Instalação Recetora de Gás Natural (IRGN) e equipamentos, condições de entrada em serviço, estudo económico, desenhos técnicos.

1.2 Objetivos

Neste trabalho pretende-se consolidar os conhecimentos obtidos na área de redes de gás e dimensionamento, transpondo esse conhecimento para o estudo de um caso real. Assim, foi realizado um projeto para uma instalação recetora de gás natural com uma potência nominal de 596 kW distribuídos por nove equipamentos a gás para uma unidade industrial. Para justificar a importância deste tema, faz-se um pequeno enquadramento teórico onde se dá a conhecer o setor do gás natural em Portugal e as suas vantagens.

Como parte integrante do projeto pretende-se também: Descrever as técnicas de instalação e montagem da IRGN; Dimensionar a tubagem a utilizar nos diferentes troços da IRGN considerando comprimentos equivalentes, onde será realizada uma folha de cálculo no programa Excel; Dimensionar os redutores/reguladores e contadores a utilizar nos andares de redução; Dar a conhecer as condições de entrada em obra e ensaios a realizar; Realizar um estudo económico onde são detalhados todos os acessórios, tubagens e serviços; Realizar os desenhos técnicos em AUTOCAD de forma a servir de referência para a futura instalação e auxiliar na discriminação do traçado para realizar o estudo económico.

A realização de um projeto de redes de gás obriga a um contato exigente com a legislação e normas de diferentes áreas da engenharia quer portuguesas ou internacionais, sendo que, é pretendido ir ao encontro dessas legislação e normas disponíveis.

CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 Importância do Gás Natural

A decisão de introduzir o gás natural em Portugal foi tomada no ano 1989 com o intuito de dar resposta aos objetivos das políticas energéticas, ambientais e industriais Portuguesas a fim de promover uma aproximação (económica) da União Europeia. No entanto, só em 1997 é que as primeiras ligações ao consumidor foram realizadas (Mesquita, 2007).

As principais vantagens do gás natural são (IEFP - ISQ, 2002):

- Redução da dependência do petróleo;
- Preços mais atrativos, o que aumenta a competitividade da indústria;
- Combustível fóssil mais limpo, indo de encontro aos objetivos do Protocolo de Quioto que visam restituir, até 2021, as emissões de gás com efeito de estufa ao nível de 1990.
- Mais rendimento na combustão;
- Mais seguro que outras fontes de energia. Como se trata de um gás menos denso que o ar, no caso de uma fuga o gás tende a subir para a atmosfera;
- Ausência de corrosão nas instalações;
- Não necessita de armazenamento, reduzindo todo o perigo inerente a este processo;

O gás natural apresenta maior vantagem ambiental quando comparado com outros combustíveis fósseis pois é composto essencialmente por metano, que é o mais simples dos hidrocarbonetos e que se apresenta com uma molécula composta por um átomo de carbono e por quatro átomos de hidrogénio. Quando a combustão do metano é completa, os produtos resultantes da combustão são o gás carbónico e o vapor de água sendo insignificante a emissão atmosférica de dióxido de enxofre, azoto e dióxido de carbono, o que já não acontece com o petróleo e o carvão que incluem uma relação de combinações de carbono, de enxofre e de nitrogénio (IEFP - ISQ, 2002).

2.2 Caracterização do Setor em Portugal

Os mercados portugueses de eletricidade e de gás natural tiveram importantes evoluções no âmbito da liberalização do mercado retalhista e na integração ibérica dos mercados grossistas, em 2014. Essa dinâmica da dimensão comercial do mercado ocorreu num momento em que o consumo de energia elétrica e o crescimento económico era fraco na continuação da tendência de redução do consumo de gás natural e na redução das taxas de juro (ERSE, 2015).

Neste setor, a procura manteve-se fortemente afetada pelas condições estruturais do mercado elétrico, que reduziram os níveis de utilização das centrais de ciclo combinado a gás natural, tendo-se observado uma redução do consumo total de gás natural em 2014. Este ano marcou ainda a tendência de maior utilização das interligações como via de importação de gás natural, em prejuízo da utilização do terminal de GNL (ERSE, 2015).

O gás natural chega a Portugal por via terrestre e marítima. Por via terrestre, o gás é transportado pelo gasoduto proveniente de Magreb e entra em Portugal por Campo Maior, por via marítima (metaneiros), é abastecido pelo terminal de gás liquefeito localizado em Sines. Nacionalmente, o gás é transportado pelas redes de alta pressão (84 bar), denominadas por redes de transporte ou gasodutos de 1º escalão, pertencentes à REN-Gasodutos. Por sua vez, o gás natural é distribuído às respetivas concessionárias regionais, como a Lusitaniagás, LisboaGás, EDP Gás, Setgás, etc. (REN, 2015).

Assim, a rede nacional de transporte de gás natural é atualmente constituída por gasodutos principais e por ramais, com um total de 1 375 km, distribuídos por oito lotes, com tubagens cuja dimensão nominal varia entre os 150 mm e os 800 mm de diâmetro. É em Bucelas (Loures) que se encontra localizado o principal centro de despacho de transporte de gás da rede nacional existindo também um centro de despacho de emergência, situado na região centro do país, numa zona sísmica diferente do principal centro de despacho. Encontram-se distribuídas pelo país, atualmente, nove zonas de Operação e Manutenção de acordo com o número e criticidade das instalações. A Rede Nacional de Transporte de Gás Natural (RNTGN) compreende 203 estações de gasodutos, que incluem 45 estações de seccionamento, 66 estações de junção para derivação de ramais, 5 estações de interligação com ramais em T, 85 estações de regulação de pressão e medição e 2 estações de transferência de custódia (REN, 2015).

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

3.1 Introdução

O presente projeto refere-se ao processo de licenciamento de uma instalação recetora de gás natural (IRGN) constituída por um posto de regulação e medida (PRM), uma rede de distribuição de gás (RD) e uma instalação de gás destinados a consumo industrial, cuja montagem não afeta quaisquer valores arquitetónicos ou outros interesses relevantes. Pretende-se também definir o traçado, o dimensionamento, a caracterização da construção e montagem, as inspeções e ensaios e a entrada em serviço da rede de gás.

Em tudo o que este for omissos, deverá cumprir-se o estipulado nas normas e legislação oficiais em vigor, bem como as especificações da concessionária.

O projeto tem como objetivo a definição, o dimensionamento e a apresentação de soluções de execução indicando, nas peças desenhadas, a localização preferencial da rede de gás, de equipamentos e de acessórios, bem como estabelecer as condições técnicas da instalação para efeito de licenciamento.

3.2 Características e Tipo de Utilização da Unidade Fabril

A unidade industrial a abastecer é um edifício em Portugal continental com apenas um piso (0) destinado a processos industriais, com um total de 9 pontos de queima.

A utilização de gás será limitada à alimentação de 2 aquecedores de teto (*ambirad*) (2 x 46kW), 4 fornos (4 x 520kW) e 3 maçaricos (3 x 30kW) conforme descrição nos desenhos técnicos em anexo.

O PRM da unidade industrial será abastecido a gás natural pela distribuidora local através de uma rede primária com a pressão a montante igual ou inferior a 20 bar e superiores a 4 bar. A jusante do PRM, a pressão relativa de operação será de 1,5 bar para abastecimento dos queimadores dos aparelhos consumidores existentes na unidade industrial.

3.3 Descrição da Instalação Recetora de Gás Natural

A IRGN tem início no PRM localizado no limite de propriedade da unidade industrial que reduz a pressão para 1,5 bar. Segue na rede de distribuição em tubagem de PEAD 110 enterrado no terreno exterior por 74 m até à caixa de corte geral que está situada na fachada do edifício onde haverá uma válvula de corte geral acessível a cerca de 1,5 m para eventuais cortes de emergência e ensaios, após esta válvula a tubagem passa a aço de 3.1/2". Após a válvula de corte geral a linha de gás sobe 3 m e continua em tubagem de aço de 3.1/2" à vista sustentada por suportes em torno da fábrica por cerca de 176 m, não sendo possível atravessamentos devido a pontes rolantes existentes. À medida que a tubagem de gás alimenta os equipamentos vai reduzindo o seu diâmetro.

Para cada equipamento é realizada uma picagem em tubagem de aço ou soldado um tê¹ na linha principal onde a tubagem desce 3 m e é instalado a rampa de gás a cerca de 1m do pavimento:

- Tubagem de 3/4" para os 2 aquecedores de 46 kW;
- Tubagem de 3/4" para os 3 maçaricos de 30 kW;
- Tubagem de 2" para os 4 fornos de 520 kW.

¹ Deve ser verificada qual a situação a aplicar no ponto 6.4

3.4 Características dos Aparelhos de Queima

Os aparelhos de queima deverão ser do tipo “multigás” das categorias II 2H3P. A sua caracterização encontra-se na tabela 1.

Tabela 1 - Características dos aparelhos de queima

Designação dos Aparelhos	Quant.	Tipologia do Aparelho ²	Categoria	Potência [kW]	Consumo [m³/h]	Pressão de Serviço	Tipo de Ligação
Aquecedor	2	B	II 2H3P ³	46	4,6	21 mbar	Tubo Flexível metálico
Forno	4	B	II 2H3P	520	52,2	50 mbar	Tubo Flexível metálico
Maçarico	3	A	II 2H3P	30	3,0	1 bar	Tubo Flexível não - metálico
TOTAL	9	-	-	596	226,9	-	-

As equações 3.1 e 3.2 são usadas para determinar o consumo de cada equipamento e o consumo total da instalação.

$$Q = \eta * Pot * \frac{3,6}{PCI} * \frac{273 + T_{amb}}{273} \quad (3.1)$$

$$Q_{total} = Fs * Quantidade \quad (3.2)$$

Onde:

- Q – Caudal [m³/h (n)];
- Q_{total} – Caudal total [m³/h (n)]
- η – Rendimento [%]
- Pot – Potência [kW]
- PCI – Poder calorífico inferior [MJ/m³ (n)]
- T_{amb} – Temperatura ambiente [°C], considerado 15°C
- F_s – Fator de simultaneidade [%]

² Verificar glossário

³ II 2H3P – Pode consumir 2 famílias de gases, uma da segunda família (Gás Natural) grupo H – G20 (proveniente da Argélia), e outra da terceira família (G.P.L) grupo P (Propano) – G31.

O fator de simultaneidade (F_s) quantifica a probabilidade dos aparelhos funcionarem em simultâneo. Neste projeto é utilizado um fator de simultaneidade unitário, considerando assim a utilização de todos os aparelhos no mesmo instante.

A montagem destes aparelhos deverá ser executada por mecânicos de aparelhos de queima credenciados pela DGE, de acordo com o decreto de lei n.º 263/89.

A classificação dos aparelhos que utilizam combustíveis gasosos no interior dos edifícios está descrita na norma portuguesa NP 4415. Os aparelhos deverão ter na chapa de características a marcação CE e indicação que estão preparados para funcionar em Portugal.

Deverá ainda obedecer aos requisitos estabelecidos pelas normas portuguesas NP 927, NP 998 e NP EN 1037, instruções do fabricante, recomendações do manual técnico da entidade concessionária e legislação em vigor, nomeadamente, a portaria n.º 361/98.

3.5 Características do Gás Natural

O gás natural é um conjunto de hidrocarbonetos no estado gasoso que formam uma mistura estável. O metano (CH_4) é o gás em maior percentagem na mistura, acompanhado de pequenas quantidades de outros gases inertes (azoto, dióxido de carbono e hélio) conforme se pode consultar na tabela 2 e 3.

Como o gás natural é menos denso que o ar, quando existe libertação para a atmosfera, o gás sobe e não acumula na superfície terrestre, o que lhe confere uma vantagem no sector da segurança quando comparado com outros gases combustíveis como os G.P.L. Como é um gás inodoro, para maior facilidade de deteção de fugas, é adicionado um produto odorizante, geralmente da família dos mercaptanos (Mesquita, 2007).

Para efeitos de dimensionamento são consideradas as características físicas e químicas médias do gás natural conforme se vê na tabela 2 e 3.

Tabela 2 - Composição química do gás natural do tipo H (REN, 2008)

	Magreb ⁴ (% molar)	LGN (min.) (% molar)
Metano (CH_4)	87,885	92,215
Etano ($\text{C}_2 \text{H}_6$)	8,056	4,841
Propano ($\text{C}_3 \text{H}_8$)	1,378	2,111
Dióxido de Carbono (CO_2)	1,266	0
Azoto (N_2)	1,088	0,071
i-butano ($\text{IC}_4 \text{H}_{10}$)	0,108	0,36
n-butano ($\text{NC}_4 \text{H}_{10}$)	0,158	0,381
i-pentano ($\text{IC}_5 \text{H}_{12}$)	0,022	0,018
n-pentano ($\text{NC}_5 \text{H}_{12}$)	0,018	0,003
n-hexano ($\text{NC}_6 \text{H}_{14}$)	0,02	0

⁴ Magreb – Gás natural proveniente do gasoduto da Argélia

Tabela 3 - Características físicas do gás natural do tipo H (Mesquita, 2007)

Peso molecular [kg/kmol]	18,78
Densidade relativa	0,65
Densidade corrigida	0,62
P.C.I. (Poder Calorífico Inferior) – [MJ/m ³ (n)]	37,91
P.C.S. (Poder Calorífico Superior) – [MJ/m ³ (n)]	42,00
Índice de Wobbe (sobre PCS) – [MJ/m ³ (n)]	52,09

CAPÍTULO 4 – POSTO DE REGULAÇÃO E MEDIDA - 1º ANDAR DE REDUÇÃO

4.1 Descrição

O posto de regulação e medida (PRM) - 1º andar de redução caracteriza-se por estar imediatamente a jusante do gasoduto e o limite da propriedade do cliente, tem como principal objetivo garantir as seguintes condições específicas a jusante (EDP Gás, 2013):

- Regulação da pressão de gás para o valor adequado às necessidades do cliente;
- Filtragem do gás a fim de remover detritos que possam danificar equipamentos a jusante;
- Medição do gás.



Figura 1 - Exemplo de um posto de regulação e medida

4.2 Tipo de Funcionamento

O PRM a instalar no limite da propriedade será de 3ª classe, do tipo G-160ER, para consumos entre 206m³/h e 320m³/h conforme desenho técnico em anexo. (EDP Gás, 2013)

4.3 Pressão de Serviço

O PRM será abastecido pela distribuidora local, com a pressão a montante igual ou inferior a 20 bar e superiores a 4 bar. A jusante, a pressão relativa de serviço será de 1,5 bar para garantir a pressão de serviço mínima de 1 bar para os maçaricos.

O PRM a instalar deve estar conforme o desenho no anexo V e tem as seguintes características:

- Contador de êmbolos rotativos;
- Redutor de pressão;
- Válvula de encravamento de ¼ de volta, só rearmável pela concessionária, com ligações por junta esferocônica segundo a norma NFE 29-536 e rosca macho cilíndrica segundo ISO 228-1;
- Ligação equipotencial e ligação à terra;
- Acessórios de transição PE/Metal à entrada;
- Atendendo às características do contador / cliente / consumo, o PRM tem *bypass*;
- Para que sejam garantidas as condições mínimas de colocação da cadeia de medida, deverão assegurar junto dos instaladores, a colocação de uma bainha para sensor de temperatura G de ½’’ em inox no carrinho a jusante do contador e uma toma de pressão com válvula ½’’ fêmea tamponada, no carrinho a montante do contador.

4.4 Instalação

Devido à tipologia da unidade industrial, o PRM deve possuir uma linha de reserva (*bypass*) garantindo o abastecimento de gás ao cliente durante as manutenções e em caso de avaria de algum equipamento.

A instalação, exploração e ensaio de um posto de regulação e medida a instalar nos gasodutos de transporte e nas redes de distribuição de gases combustíveis é regulamentado pela portaria nº 376/94. Os equipamentos de redução de pressão de 3.^a classe devem ser instalados em caixas apropriadas, superficiais, enterradas ou semienterradas, sem vedação. Ao ser necessário, os sistemas de iluminação a instalar devem cumprir com os requisitos da diretiva ATEX.

Conforme a figura 2, a distância entre a projeção vertical no solo de linhas elétricas de alta tensão e os limites do recinto do PRM terá um valor mínimo de 20 metros. No caso das linhas de média tensão a distância mínima a respeitar deve ser 10 metros. A distância de segurança do posto de redução a depósitos de combustíveis e matérias inflamáveis e fogos nus será de 7,5 metros, tendo como referência as paredes da cabine. A distância mínima entre os limites do recinto do PRM e qualquer edifício deve ser igual ou superior a 2 metros. Deve ainda ser colocado no exterior da cabine, sinalização com a informação de proibido fumar e foguear e de presença de atmosfera explosiva.

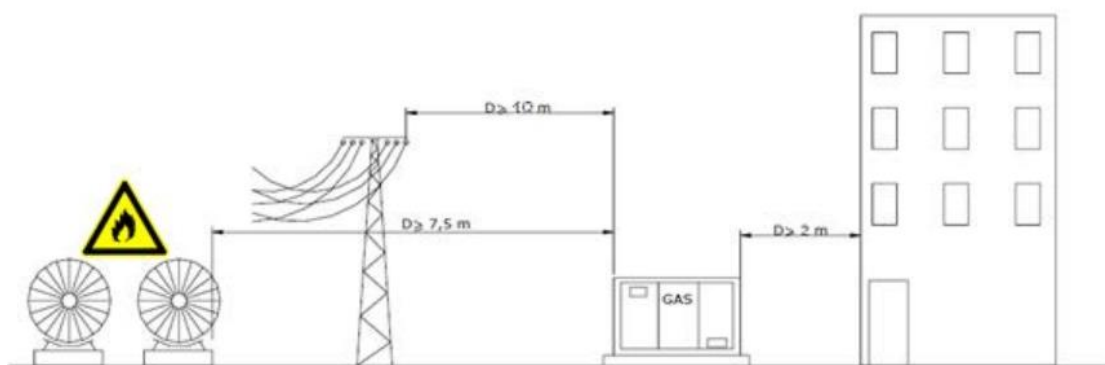


Figura 2 - Distâncias mínimas de segurança entre o PRM e outras infraestruturas (EDP Gás, 2014)

O elétrico de terra deverá ficar enterrado em local tão húmido quanto possível, de preferência em terra vegetal, fora de zonas de passagem e a uma distância conveniente a depósitos contendo substâncias corrosivas que possam infiltrar-se no terreno, conforme a figura 3.

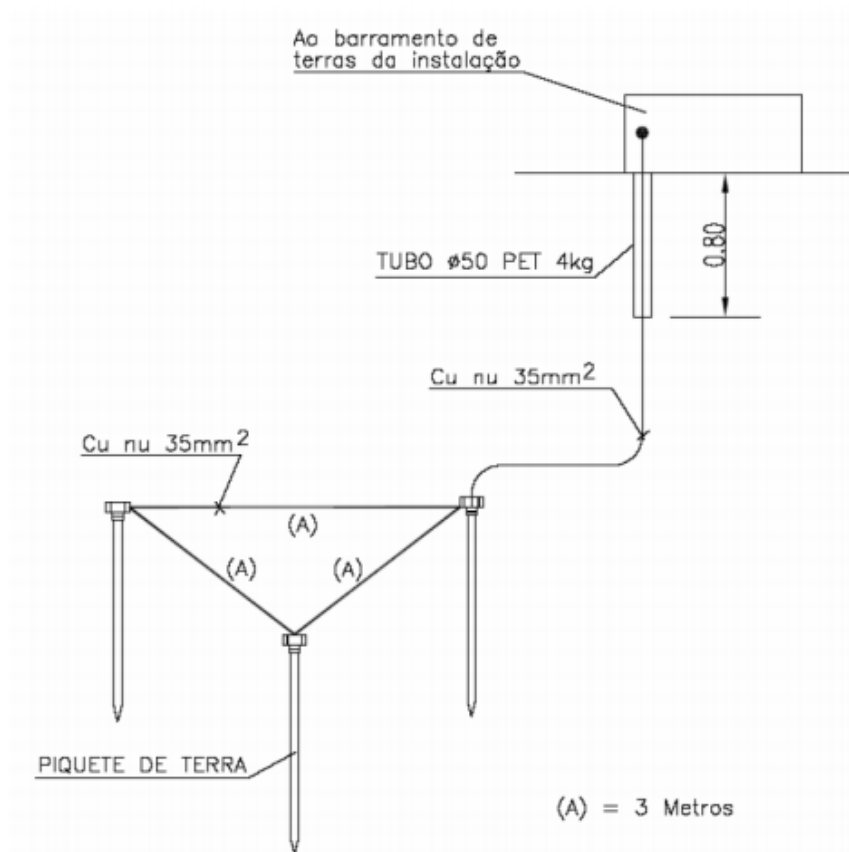


Figura 3 – Instalação de eletrodos de terra (EDP Gás, 2014)

CAPÍTULO 5 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS

5.1 Descrição

A rede de distribuição é constituída pelo conjunto de tubagens e acessórios compreendidos entre a válvula a jusante do PRM inclusive e a válvula de corte geral presente à entrada do edifício exclusive.

O projeto e a construção da rede de distribuição, cuja pressão máxima de serviço é de 4 bar, devem estar conforme a Portaria 386/94, regulamento técnico relativo ao projeto, construção, exploração e manutenção de redes de distribuição de gases combustíveis, alterado pela Portaria 690/2001.

5.2 Pressão de Distribuição

A pressão relativa à saída do PRM é de 1,5 bar.

5.3 Tubagem

A tubagem e os acessórios a utilizar são de PEAD, por ser um material mais económico face ao tubo de aço e, devem corresponder à série SDR-11 (resina do tipo PE80) ou à série SDR-17,6 (resina do tipo PE100), devendo as suas características físicas e dimensionais, os ensaios e os controlos de produção obedecer aos requisitos das normas ISO 4437, ISO 1183 e ISO 1133.

A tubagem exterior enterrada será colocada em vala com o mínimo de 0,60 m de profundidade e após regularização do fundo (eliminação de qualquer saliência de rochas, pedras ou outros materiais que possam causar danos na tubagem), será instalada sobre uma camada de areia doce, uniformemente distribuída no fundo da vala, com um mínimo de 0,10 m de espessura e completamente envolvida com o referido material, mantendo-se esta espessura em todas as direções. Será colocada, a 0,30m acima da geratriz superior da tubagem, uma banda avisadora de cor amarela contendo os termos "ATENÇÃO - GÁS", bem visíveis e indeléveis, inscritos a intervalos não superiores a 1m. O enchimento da vala, acima da camada de areia doce, pode ser realizado com os materiais disponíveis do aterro, isentos de elementos que constituam eventual perigo para a tubagem.

As distâncias mínimas entre a rede de gás e as de outras infraestruturas, quer em percursos paralelos quer nos cruzamentos, nunca poderá ser inferior a 0,2m, devendo ser para as infraestruturas mais comuns as distâncias representadas na figura 4.

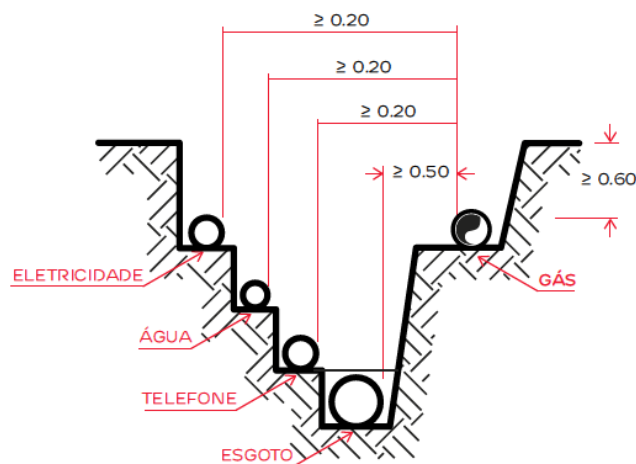


Figura 4 - Distâncias mínimas entre a rede de gás e outras infraestruturas (EDP Gás, 2014)

As tubagens de polietileno, conforme a figura 5, só podem emergir do solo no exterior dos edifícios ou embebidos na face exterior da parede dos mesmos, até 0,60m, estas tubagens emergentes do solo devem ser protegidas por uma manga ou bainha metálica, obedecendo aos seguintes requisitos:

- Ser cravada no solo até uma profundidade mínima de 0,2m;
- Ser convenientemente fixada;
- Acompanhar a tubagem de gás até uma altura igual ou superior a 0,6m.

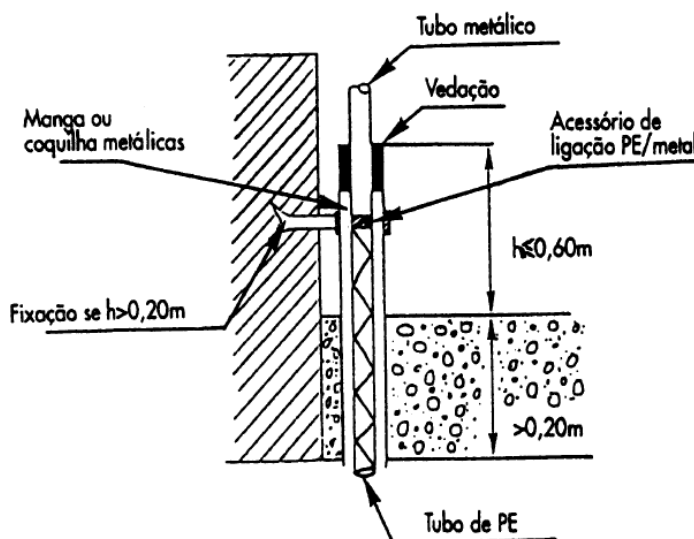


Figura 5 - Instalação da tubagem de PEAD emergente do solo. (Portaria nº 361/98)

A extremidade superior do espaço anelar entre a tubagem e a manga ou bainha deve ser obturada com material inerte. Quando a tubagem de polietileno ficar embebida numa parede exterior, deve ser protegida por uma manga de acompanhamento que resista ao ataque químico das argamassas.

5.4 Ligações Tubagem PEAD

As ligações dos tubos de PEAD serão executadas por soldadura topo a topo ou por eletrossoldadura. As mudanças de direção devem ser executadas quer com o auxílio de acessórios compatíveis com as pressões de serviço e resina da restante tubagem PEAD, quer por dobragem a frio dos tubos, com raios de curvatura mínimos iguais a 30 vezes o diâmetro externo dos tubos.

Os tubos de PEAD, uniões e acessórios de PEAD devem ser interligados entre si por meio de qualquer dos métodos seguintes:

- Soldadura topo a topo para tubos de diâmetro igual ou superior a 90 mm;
- Flanges da classe PN 10, limitada ao mínimo imprescindível;
- Acessórios eletrossoldáveis com resistência elétrica incorporada.

CAPÍTULO 6 – INSTALAÇÃO DE GÁS

6.1 Descrição

A instalação de gás representa o conjunto de tubagens, acessórios, equipamentos e aparelhos de medida e que assegura a distribuição de gás desde a válvula de corte geral, inclusive, até às válvulas de corte dos aparelhos de gás, inclusive.

O projeto, construção, exploração e manutenção das Instalações de Gás devem estar conforme a Portaria n.º 361/98 com as alterações introduzidas pela Portaria n.º 690/2001.

6.2 Caixa de Corte Geral

A instalação de gás deve possuir à entrada da unidade industrial uma válvula de corte geral que deve ficar instalada numa caixa de visita fechada, embutida na parede, designada por caixa de corte geral, permanentemente acessível, na entrada do edifício, ou na sua proximidade. A tampa deverá conter a inscrição da palavra “Gás” e a expressão “Proibido Fumar ou Foguear”, ou o símbolo correspondente, legível do exterior. Nesta caixa, serão ainda instalados:

- A jusante desta válvula de corte, no interior da caixa, deverá montar-se um “tê” com válvula e manómetro (0-4bar), o qual se destina a facilitar a introdução dos fluidos utilizados quer nos ensaios de estanquidade, quer para inertização da instalação;
- A “ligação à terra”, de acordo com o definido no art.º 9º do Decreto-Lei n.º 521/99 e art.º 51º da Portaria n.º 361/98. A ligação ao eletrodo de terra deve fazer-se através de braçadeira metálica instalada no interior da caixa de entrada de modo a permitir a sua verificação regular (a sua resistência não deverá ultrapassar o valor de 20Ω), cumprindo com os requisitos definidos pelo Decreto-Lei n.º 740/74. Não é admitida a utilização das tubagens de gás para ligação à terra das redes elétricas ou outras;
- Um limitador de pressão, calibrado para um valor igual ou inferior a 1,8 bar, o qual deve ser instalado imediatamente a jusante do dispositivo de corte geral ao edifício.

6.3 Pressão de Distribuição

A pressão relativa à entrada das instalações é de 1,5 bar.

6.4 Tubagem

A tubagem e os acessórios a considerar são de aço. Apesar de ser permitida também a utilização de tubagem de cobre, deve-se considerar a tubagem de aço pois, é mais resistente contra impactos e é um material economicamente mais acessível. Estes devem ser fabricados de acordo com os requisitos da norma NP EN 10208-1 ou ANSI B 36.10M.

Podem ser utilizados tubos com costura desde que:

- A qualidade do aço seja adequada à sua utilização em canalizações de gás, de acordo com as normas técnicas aplicáveis;
- As costuras dos tubos sejam examinadas a 100% por um método de ensaio não destrutivo, RX, ultrassons ou eletromagnético, tipo *Eddy Current test*, exame este que terá de ser posterior ao ensaio de pressão interior, não sendo admissível defeitos de soldadura.

A tubagem a instalar na instalação de gás será em aço à vista, preferencialmente num traçado retilíneo. Esta deve estar identificada com a cor amarelo ocre conforme a norma NP 182 e, não deve ficar em contacto com quaisquer outras tubagens, cabos elétricos ou similares, sendo as distâncias mínimas as indicadas na tabela 4.

Tabela 4 - Afastamento para tubagens à vista. (Portaria nº 361/98)

Afastamento para tubagens à vista	Percursos paralelos	Cruzamentos
Rede de águas	3 cm	2 cm
Rede de esgotos		
Cabos elétricos ou similares		
Chaminés (parede exterior)		

De acordo com a figura 6, as tubagens à vista que atravessem uma parede ou pavimento interior não devem conter qualquer tipo de emendas ou acessórios e devem ser protegidas por uma manga ou bainha resistente à corrosão provocada pela água ou por outros produtos. A extremidade deve ficar complanar com o teto na sua extremidade inferior e ultrapassar o pavimento, em pelo menos 0,05 m. Nos troços horizontais as tubagens devem ficar situadas, no máximo, a 0,2 m do teto ou dos elementos da estrutura resistente do edifício.

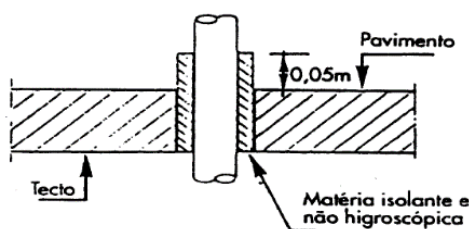


Figura 6 - Instalação de tubagem de aço em atravessamentos (Portaria nº 361/98)

Deverá ser garantida a segurança e estabilidade da tubagem através da colocação de suportes fixos às próprias paredes dos edifícios, muros ou apoios devidamente robustos e com fundações ao terreno, sempre protegida de agressões mecânicas ou atmosféricas passíveis de danificar a tubagem. Devem ser instalados, evitando agressões, solicitações mecânicas ou flexões da própria tubagem, e tendo em conta as deformações e compensações longitudinais devida às variações térmicas, garantindo assim a correta segurança e estabilidade da instalação.

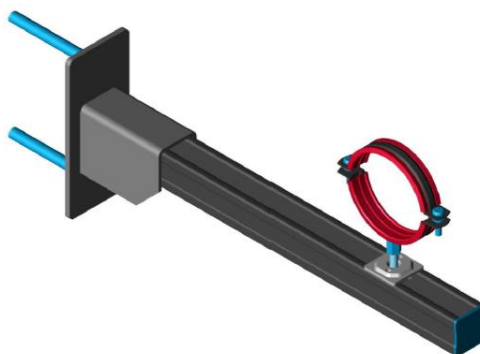


Figura 7 – Sistema de suporte para tubagem de aço

Os suportes devem ser de aço galvanizado (DIN 17100 com tratamento de superfície de acordo com a norma NP EN 10255). O espaço entre a tubagem e o suporte é preenchido com material isolante. O afastamento entre suportes deverá respeitar o afastamento máximo definido na tabela 5 e estar de acordo com as instruções do fabricante:

Tabela 5 - Afastamento entre suportes para tubagem de aço (UNE 60740-4)

Material	DN da tubagem	Afastamento máximo	
		Troço horizontal	Troço vertical
Aço	$\leq \frac{1}{2}''$	1,5 m	2,0 m
	$\frac{1}{2}'' < D \leq 1''$	2,0 m	3,0 m
	$1'' < D \leq 1.1/4''$	2,5 m	
	$D > 1.1/4''$	3,0 m	

Os acessórios serão em aço e compatíveis com as condições de serviço previstas para o troço em que são instalados.

São permitidas picagens na tubagem de aço desde que o DN do tubo a picar seja pelo menos o dobro do DN do tubo a soldar.

Nas tubagens de aço as mudanças de direção devem ser executadas preferencialmente por enformação a frio com máquina, a fim de evitar custos e pontos de fuga com as soldaduras, nas seguintes condições:

- $D_{ext} < 60,3 \text{ mm}$;
- $R \text{ (raio de curvatura)} = 10 \times D_{ext}$.

Nas situações onde o espaço para curvar a tubagem seja insuficientemente ou a tubagem seja de $D_{ext} \geq 60,3$ mm poderá considerar-se curvas para soldar.

Será instalada proteção mecânica sempre que a tubagem se encontre entre o pavimento e os 2m.

Para uma correta compreensão das características da instalação, aconselha-se a consulta da planta constante em anexo.

6.5 Ligações Tubagem Aço

Os tubos de aço, uniões e acessórios de aço devem ser interligados entre si por meio de qualquer dos métodos seguintes:

- Soldadura de penetração (soldadura elétrica topo a topo);
- Flanges ou uniões da classe PN 10, dos tipos *Slip-on* ou *welding neck*;
- Uniões com rosca cônica nos tubos de diâmetro igual ou inferior a 50 mm conforme a NP EN 10226 ou ANSI B 2,1 ou equivalente).

As ligas de metal de adição devem ser de qualidade e composição compatíveis com a qualidade do aço a soldar. Os topos dos tubos de aço devem estar devidamente chanfrados.

Só deve usar-se ligações por juntas mecânicas ou flanges quando houver necessidade de desmontar no futuro as tubagens ou o traçado da tubagem. Na estanquidade das juntas não soldadas, quando obtida por aperto metal/metal, permite-se o uso de fita PTFE e pastas ou líquidos apropriados, sendo interdito o uso do filasso ou pastas do tipo polimerizável.

Na tubagem de aço as ligas de metal de adição devem ser de qualidade e composição compatíveis com a qualidade do aço a soldar.



Figura 8 – Acessórios para tubagem de aço

6.6 Rampa de Gás

A rampa de gás destina-se a obter a pressão de alimentação com que os aparelhos a gás devem funcionar. Este é constituído por filtros redutores/reguladores/estabilizadores, pressostatos, contadores e sistema de atuação de segurança e de modelação e controlo da chama. Estão localizados imediatamente a montante dos respetivos aparelhos de queima e a jusante da respetiva válvula de corte de gás.

Todos os equipamentos devem estar identificados.



Figura 9 – Exemplo de uma rampa de gás

CAPÍTULO 7 – EQUIPAMENTOS

7.1 Manómetros



Figura 10 – Manómetro

Os manómetros vão medir a pressão relativa da instalação de gás e devem ser instalados a montante e a jusante dos redutores/reguladores de gás, nas caixas de corte geral e roscados em válvulas porta manómetros de agulha, de modo a permitir a remoção dos manómetros sem interromper o fluxo de gás. Têm o objetivo de afinação e verificação do bom funcionamento dos reguladores/redutores e, podem ainda ser usados para ensaios de estanqueidade de pouca exatidão. Devem possuir um certificado de calibração emitido por uma entidade acreditada, de acordo com a NP EN 837-1/2/3, sendo as suas características:

- A montante do regulador de pressão do PRM, manómetros de 0-25 bar;
- A montante do regulador de pressão do PRM, manómetros de 0-6 bar;
- Na caixa de corte geral, manómetros de 0-4 bar;
- A montante do redutor/regulador de pressão da rampa de gás, manómetros de 0-4 bar;
- A jusante do redutor/regulador de pressão da rampa de gás, manómetros de:
 - 0-500 mbar para os fornos;
 - 0-100 mbar para os aquecedores;
 - 0-4 bar para o maçarico (este manómetro é parte integrante do redutor).
- Do tipo tubo de “Bourbon” com glicerina;
- Com um diâmetro nominal mínimo de 63 mm;
- Rosca NPT de 1/4”;
- Com purga de segurança incorporada na própria válvula
- Uma classe de exatidão de 1,6;
- Uma classe de resistência mecânica adequada à pressão de serviço.

7.2 Válvulas de Corte

As válvulas de corte aos equipamentos devem possuir características de funcionamento e segurança adequadas à utilização do gás natural. São do tipo “corte rápido” (1/4 de volta), de macho esférico, roscadas, de classe de pressão MOP5 (NP EN 331) e em locais com acessibilidade de grau 1 para ensaios de estanqueidade. A instalação deste equipamento deve-se resumir ao mínimo indispensável a fim de reduzir os pontos de fuga ao máximo.

O movimento dos manípulos de atuação das válvulas deve ser limitado por batentes fixos e não reguláveis, para que os manípulos se encontrem:

- Perpendicular à direção do escoamento, na posição fechado;
- Com a direção do escoamento do gás, na posição de aberto.

7.2.1 Válvula de corte geral

O dispositivo de corte geral da unidade industrial deve ficar instalado em local com acessibilidade de grau 1, numa caixa de visita fechada com chave triangular na entrada do edifício, ou na sua proximidade. Deve ser do tipo corte rápido com encravamento, flangeada, respeitar o diâmetro da tubagem a montante (3.1/2") e uma classe de pressão MOP5, conforme figura 11.



Figura 11 – Válvula de corte geral

7.2.2 Válvulas de corte aos equipamentos a gás

Serão instaladas em pontos visíveis e de fácil acesso, em locais com acessibilidade de grau de 1 e em troços de tubagem vertical entre 1,00 m e 1,40m de altura respeitando o diâmetro da tubagem a montante.



Figura 12 – Válvula de corte aos equipamentos a gás

7.2.3 Dispositivo de controlo - electroválvula

Será instalada uma electroválvula flangeada no corte geral para funcionar juntamente com a central de incêndios. É normalmente fechada, e encontra-se sobre tensão. No caso da central de incêndios disparar, a alimentação de energia é interrompida e a electroválvula fecha, cessando o fluxo de gás natural para o interior da unidade industrial. Deve ainda ter rearme manual e funcionar a 24V. A sua classe de pressão é MOP5 e deve estar conforme as normas europeias EN 437, EN161 e EN 13611.

Os restantes dispositivos de controlo a instalar são parte integrante dos equipamentos a gás, sendo os fornecedores destes responsáveis pela sua montagem e fornecimento.



Figura 13 – Electroválvula

7.3 Filtros

Detritos provenientes do próprio gás e deterioração da tubagem surgem com facilidade numa instalação de gás no setor industrial. A fim de proteger e garantir a integridade dos equipamentos pertencentes à rampa de gás bem como o próprio queimador a gás, deverá ser instalado um filtro que irá reduzir a passagem de detritos a montante do redutor/regulador.

Ao passar pelo filtro o gás perde velocidade devido à diferença de diâmetro da tubagem para o corpo do filtro gás, e as impurezas, por ação da gravidade, acabam por ficar depositadas no fundo do filtro.

Na manutenção, deve ser realizada uma limpeza ao filtro e no caso de existir cartucho, este deverá ser substituído a fim de manter o bom funcionamento do equipamento.

Os filtros deverão cumprir com o prescrito na norma DIN 3386 e a diretiva europeia de equipamentos sob pressão 97/23/EC.

7.3.1 Filtros da rampa de gás

Os filtros a instalar são filtros Y que removem partículas em suspensão da tubagem, direcionando o fluxo através de uma tela. Estes devem ser instalados na horizontal com o elemento filtrante virado para baixo.



Figura 14 – Filtros da rampa de gás

7.3.2 Filtro do posto de regulação e medida

O filtro a instalar no posto de regulação e medida deve suportar uma pressão máxima de trabalho até os 17 bar e suportar um caudal acima de 226,9 m³(n)/h.



Figura 15 – Filtro do posto de regulação e medida

7.4 Redutores/Reguladores de Pressão

As pressões de distribuição de gás e de funcionamento dos aparelhos impõem a utilização de dispositivos de redução da pressão, designados por redutores quando a pressão de saída é fixada ou reguladores quando a pressão de saída é variável.

7.4.1 Redutor do posto de regulação e medida

O Redutor de pressão a instalar tem de suportar um caudal acima de 226,9 m³(n)/h com pressão máxima de entrada de 16,0 bar e pressão de saída regulada para 1,5 bar. Deve ainda conter segurança incorporada, cortando o gás em caso de pressão baixa a montante ou de excesso de caudal a jusante, com rearme manual.



Figura 16 – Regulador do posto de regulação e medida

7.4.2 Redutores/Reguladores de pressão da rampa de gás

A seleção do redutor deve ter em conta a Potência [kW] ou Caudal [m³/h] e a pressão de serviço dos equipamentos e devem ser os mencionados na tabela 6 ou equivalentes de outra marca:

Tabela 6 - Seleção dos redutores/reguladores de pressão

Designação dos Aparelhos	Potência [kW]	Consumo [m ³ /h]	Pressão de Serviço	Redutor/Regulador
Aquecedor	46	4,6	21 mbar	Regulador Madas c/ Filtro 3/4"; Pe ⁵ max=2 bar; Ps ⁶ =18÷40 mbar
Forno	520	52,2	50 mbar	Regulador Mod. Alfa 50; Pe=0,5÷5bar; Ps=16÷110 mbar
Maçarico	30	3,0	1 bar	Regulador Nova Comet F17; Pe = 1÷19bar; Ps = regulável até 1,5 bar

Deve existir um “Certificado de Conformidade” de acordo com o artigo 67.º da Portaria n.º 361/98.

7.5 Contadores

7.5.1 Contador do posto de regulação e medida

O contador a instalar no PRM destina-se à contagem do gás oficial que entra na unidade industrial, é propriedade da distribuidora, do tipo 3 e deve ser da marca Itron modelo Fluxi 2000/TZ - G160ER (êmbolos rotativos) DN80, flangeado com um caudal até 250,4 m³/h, com corretor e telemetria ou equivalente de outra marca. Deve ainda estar de acordo com a EN 12261.

⁵ Pe = Pressão de entrada

⁶ Ps = Pressão de saída



Figura 17 – Contador do posto de regulação e medida

7.5.2 Contadores da rampa de gás

Os contadores instalados na rampa de gás, destinam-se a medições não oficiais, sendo apenas para uma gestão interna de consumos e estudos de eficiência energética.

São montados apenas nos equipamentos de maior consumo (Fornos – 52,2 m³/h). Para o estudo total dos consumos da unidade industrial deverá ter-se em conta o contador disponível no PRM.

A sua instalação deve prever válvulas a montante e jusante a fim de garantir a sua manutenção ou substituição de forma fácil e segura. Como se trata de fornos em que a sua paragem pode ter custos avultados para a indústria, deve ainda ser instalado um *by-pass* ao contador de forma a garantir o fluxo de gás para o equipamento mesmo durante a manutenção, substituição ou avaria.

Para manter um regime laminar a montante e a jusante devem existir troços retos de tubagem com o diâmetro igual ao diâmetro nominal do contador com um comprimento de 5 vezes e de 3 vezes o seu diâmetro nominal respetivamente.

Devem possuir certificação de fabrico de acordo com a NP EN 10204 e cumprir a legislação dos equipamentos sob pressão PED, de acordo com a diretiva europeia 97/23/CE, fazendo-se acompanhar com a marcação CE e respetiva declaração de conformidade.

A escolha dos contadores depende do consumo do equipamento a gás e o diâmetro nominal da tubagem. Para um consumo de 52,2 m³/h e um diâmetro nominal de 2'' o contador a instalar em cada forno deve ser da marca Itron modelo MZ - DN50, flangeado com um caudal até 100 m³/h, ou o equivalente de outra marca.



Figura 18 – Contador da rampa de gás

7.6 Ligação aos Aparelhos

A ligação aos aparelhos é realizada através de tubos flexíveis metálicos ou não metálicos. A utilização de tubos flexíveis deve fazer-se à vista, num comprimento máximo de 1,5 m, serem acessíveis em toda a sua extensão, não ficarem em contacto com as partes quentes dos aparelhos.

No caso dos tubos não metálicos, devem ter abraçadeiras ou reforços nos seus extremos e cumprir a validade de 4 anos a contar da sua data de fabrico e respeitar a norma NP 4436.

Os tubos flexíveis metálicos devem respeitar a norma NP 1038.

CAPÍTULO 8 – DIMENSIONAMENTO DA TUBAGEM E EQUIPAMENTO DO PRM

8.1 Considerações e Equações para o Dimensionamento da Tubagem

O projeto da instalação deve ter em consideração, no seu dimensionamento, os parâmetros definidos para gás natural de acordo com o Decreto de Lei nº 521/99. O dimensionamento é realizado para as condições mais desfavoráveis e caudal máximo da instalação, baseado nos seguintes pressupostos:

- Consumo da instalação – 226,9 [m³(n)/h];
- Pressão de distribuição (à saída do PRM) – 1,5 [bar];
- Pressão de funcionamento de acordo com as especificações dos equipamentos de queima;
- Escoamento adiabático, estacionário e incompressível;
- Aplicação das equações de Renouard para média pressão;
- Velocidade máxima na tubagem de 15 [m/s];
- Perda de carga admissível de 30 [mbar].

Para a realização do dimensionamento da tubagem inseriu-se as equações para média pressão de Renouard segundo a norma UNE 60620, na folha de cálculo do programa Excel disponível no anexo III. Os diâmetros interiores da tubagem de aço estão conforme a norma ANSI B 36.10M, e da tubagem PEAD estão conforme a norma NP EN 1555, ambas as tabelas podem ser consultadas no anexo IV.

Para realizar o cálculo do comprimento equivalente podem ser usados dois métodos:

- Um método aproximado onde o comprimento equivalente referente às perdas de carga locais é estimado como sendo 20% (J%) do comprimento real da tubagem do troço, conforme a equação 8.1.

$$L_{eq} = J\% * L_{real} \quad (8.1)$$

- Um método mais rigoroso onde o comprimento equivalente referente às perdas de carga locais é contabilizado para cada acessório individualmente (método utilizado), conforme a equação 8.2.

$$L_{eq} = L_{eq.local} + L_{real} \quad (8.2)$$

Onde:

- L_{eq} – Comprimento equivalente [m]
- L_{real} – Comprimento do troço [m]
- $L_{eq.local}$ – Comprimento equivalente das perdas de carga localizadas [m]
- $J\%$ – Nível das perdas de carga locais [%]

Para calcular o comprimento equivalente do trajeto crítico (considerado $J\% = 20\%$) utiliza-se a equação 8.3.

$$Leq. \text{máx} = J\% * L_{\text{crítico}} \quad (8.3)$$

Onde:

- $Leq. \text{máx.}$ – Comprimento equivalente do trajeto crítico [m]
- $J\%$ – Nível das perdas de carga locais [%]
- $L_{\text{crítico}}$ – Soma dos comprimentos dos diversos troços de tubagem que constituem o trajeto crítico [m]

Para realizar o cálculo do diâmetro da tubagem utilizam-se as equações 8.4 e 8.5.

$$D_{\text{calculado}} = \left(\frac{48.6 * dc * Q_{\text{troço}}^{1.82}}{J * 10^{-6}} \right)^{\frac{1}{4.82}} \quad (8.4)$$

$$J = \frac{(P_i + P_0)^2 - ((P_i - \Delta P_{\text{Adm.}}) + P_0)^2}{L_{eq. \text{máx}}} \quad (8.5)$$

Onde:

- $D_{\text{calculado}}$ – Diâmetro calculado [mm]
- dc – Densidade corrigida
- $Q_{\text{troço}}$ – Caudal no troço [m³/h (n)]
- J – Perda de carga quadrática média [mbar²/m]
- P_i – Pressão inicial no troço [bar]
- P_0 – Pressão atmosférica [bar]
- ΔP_{Adm} – Perda de carga admissível [mbar]
- $Leq. \text{máx.}$ – Comprimento equivalente do trajeto crítico [m]

A equação 8.6 de Renouard é a usada para realizar o cálculo da pressão final no troço que traduz a perda de carga dinâmica nesse troço.

$$P_f = \sqrt{(P_i + P_0)^2 - 48,6 * 10^6 * dc * Leq. * \frac{Q_{\text{troço}}^{1.82}}{D_i^{4.82}}} - P_0 \quad (8.6)$$

Onde:

- P_f – Pressão final (dinâmica) [bar]
- P_i – Pressão inicial no troço [bar]
- P_0 – Pressão atmosférica [bar]
- dc – Densidade corrigida
- $Leq.$ – Comprimento equivalente [m]
- $Q_{\text{troço}}$ – Caudal no troço [m³/h (n)]

- Di – Diâmetro interior [mm]

Para calcular a pressão final corrigida, que traduz a perda de carga dinâmica mais estática nesse troço utiliza-se a equação 8.7.

$$P_{fc} = P_f + 0,1293 * (1 - dr) * h \quad (8.7)$$

Onde:

- Pfc – Pressão final corrigida (dinâmica + estática) [bar]
- Pf – Pressão final (dinâmica) [bar]
- dr – Densidade relativa
- h – Altura [m]

O valor de h deve ser positivo se o troço for ascendente e negativo se o troço for descendente.

As equações 8.8 e 8.9 são as usadas para realizar o cálculo das perdas de carga total e perdas de carga acumulada nos troços.

$$\Delta P = P_i - P_{fc} \quad (8.8)$$

$$\Delta P_{acum} = P_{abast} - P_{fc} \quad (8.9)$$

Onde:

- ΔP – Perda de carga no troço [mbar]
- P_i – Pressão inicial no troço [bar]
- Pfc – Pressão final corrigida (dinâmica + estática) [bar]
- ΔP_{acum} – Perda de carga acumulada no troço [mbar]
- P_{abast} – Pressão de abastecimento [bar]

A equação 8.10 é a usada para realizar o cálculo da pressão média nos troços.

$$P_m = \frac{2 * [(P_i + P_0)^3 - (P_{fc} + P_0)^3]}{3 * [(P_i + P_0)^2 - (P_{fc} + P_0)^2]} \quad (8.10)$$

Onde:

- P_m – Pressão média no troço [bar]
- P_i – Pressão inicial no troço [bar]
- P_0 – Pressão atmosférica [bar]
- Pfc – Pressão final corrigida (dinâmica + estática) [bar]

A equação 8.11 é a usada para realizar o cálculo da velocidade de escoamento do gás nos troços.

$$v = \frac{Q_{\text{troço}} \cdot 354 \cdot P_0}{D_i^2 \cdot P_m} \quad (8.11)$$

Onde:

- v – Velocidade no troço [m/s]
- D_i – Diâmetro interior [mm]
- P_0 – Pressão atmosférica [bar]
- $Q_{\text{troço}}$ – Caudal no troço [m³/h (n)]
- P_m – Pressão média no troço [bar]

8.2 Comprimento Equivalente

Neste estudo foram considerados os acessórios existentes na rede e instalação de gás, tais como, curvas, tê's, válvulas e tubagem.

Foi então analisado troço a troço os acessórios existentes e somadas as perdas de carga associadas através da tabela no anexo I (International Code Council, 2012). Visto a tabela se encontrar em pés (*feet*), multiplicou-se o valor de pés por 0,3048 (1 *feet* = 0,3048 m) para se obter valores no SI.

Ao calcular o comprimento equivalente real verificam-se erros acima de 50% em alguns troços, nomeadamente em troços de pequeno comprimento, quando comparado com o comprimento equivalente estimado (+20%) como é possível confirmar no anexo II. Sendo que, se conclui que o uso de valores estimados pode introduzir alguns erros no dimensionamento e assim, encarecer a obra por se utilizar diâmetros de tubagem acima do necessário.

8.3 Considerações e Equações para o Dimensionamento do Equipamento do PRM

O dimensionamento é realizado para as condições mais desfavoráveis e caudal máximo da instalação, baseado nos seguintes pressupostos:

- Consumo da instalação – 226,9 [m³(n)/h];
- Pressão de entrada mínimo no PRM – 4 [bar];
- Pressão de saída máximo no PRM – 1,5 [bar];
- Perda de carga máxima admissível no filtro – 200 [mbar];
- Velocidade máxima a montante dos reguladores – 30 [m/s];
- Velocidade máxima a jusante dos reguladores – 25 [m/s];

Para a realização do dimensionamento da tubagem utilizou-se as equações de Renouard segundo a norma UNE 60620 e o decreto lei 390/94. O nível de ruído máximo deve respeitar e estar de acordo com o Decreto-Lei nº 292/2000 e, a velocidade máxima de escoamento do gás não deve ser superada a fim de evitar fenómenos vibratórios.

No anexo V, seguem os resultados obtidos.

8.3.1 Diâmetro da tubagem

Para realizar o cálculo do diâmetro da tubagem utiliza-se a equação 8.12.

$$D_{calculado} = \sqrt{\frac{354 \cdot Q}{v \cdot P_{abs}}} \quad (8.12)$$

Onde:

- $D_{calculado}$ – Diâmetro calculado [mm]
- Q – Caudal [m³/h (n)]
- v – Velocidade no troço [m/s]
- P_{abast} – Pressão de abastecimento [bar]

A equação 8.13 de Renouard é usada para realizar o cálculo da perda de carga dinâmica num troço.

$$P_f = \sqrt{(P_i + P_0)^2 - 48,6 * 10^6 * d_c * L_{eq} * \frac{Q_{troço}^{1,82}}{D_i^{4,82}}} - P_0 \quad (8.13)$$

Onde:

- P_f – Pressão final (dinâmica) [bar]
- P_i – Pressão inicial no troço [bar]
- P_0 – Pressão atmosférica [bar]
- d_c – Densidade corrigida
- L_{eq} – Comprimento equivalente [m]
- $Q_{troço}$ – Caudal no troço [m³/h (n)]
- D_i – Diâmetro interior [mm]

Para calcular a pressão final corrigida, que traduz a perda de carga dinâmica mais estática num troço utiliza-se a equação 8.14.

$$P_{fc} = P_f + 0,1293 * (1 - d_r) * h \quad (8.14)$$

Onde:

- P_{fc} – Pressão final corrigida (dinâmica + estática) [bar]
- P_f – Pressão final (dinâmica) [bar]
- d_r – Densidade relativa
- h – Altura [m]

O valor de h deve ser positivo se o troço for ascendente e negativo se o troço for descendente.

A equação 8.15 é usada para realizar o cálculo da perda de carga total.

$$\Delta P = P_i - P_{fc} \quad (8.15)$$

Onde:

- ΔP – Perda de carga no troço [mbar]
- P_i – Pressão inicial no troço [bar]
- P_{fc} – Pressão final corrigida (dinâmica + estática) [bar]

A equação 8.16 é usada para realizar o cálculo da velocidade de escoamento do gás.

$$v = \frac{Q_{\text{troço}} \cdot 354 \cdot P_0}{D_i^2 \cdot P_i} \quad (8.16)$$

Onde:

- v – Velocidade no troço [m/s]
- D_i – Diâmetro interior [mm]
- P_0 – Pressão atmosférica [bar]
- $Q_{\text{troço}}$ – Caudal no troço [m³/h (n)]
- P_i – Pressão média no troço [bar]

Para o cálculo da espessura mínima das tubagens (e)⁷, aplica-se a equação 8.17.

$$e = \frac{P_{\text{max}} \cdot D_{\text{ext}}}{20 \cdot E \cdot F} \quad (8.17)$$

Onde:

- e – Espessura da tubagem [mm]
- P_{max} – Pressão absoluta máxima de operação (considerar a pressão de ensaio de resistência mecânica) [bar]
- D_{ext} – Diâmetro exterior [mm]
- E – Limite elástico do aço da tubagem (para a tubagem API
 - 5L Gr. B, $E = 241 \text{ N/mm}^2$);
- F – Fator de segurança relativo à categoria de localização (Portaria n.º 390/94, Art. 29º, quadro II, categoria 2, $F = 0,6$).

⁷ E - Limite elástico do aço da tubagem ($E = 241 \text{ N/mm}^2$);

F - Fator de segurança relativo à categoria de localização ($F = 0,6$).

8.3.2 Regulador de pressão do PRM

O dimensionamento do regulador de pressão para o PRM, é calculado em função dos coeficientes C_g e K_g (Fiorentini, Junho de 2012):

- Para condições subcríticas, onde a pressão absoluta de entrada no regulador é inferior a 2 vezes a pressão absoluta de saída do regulador ($P_e < 2 \times P_s$) considera-se a equação 8.18 para o coeficiente C_g e 8,19 para o coeficiente K_g :

$$C_g = \frac{Q}{0,526 \cdot P_e \cdot \sin(106,78 \cdot \sqrt{\frac{P_e - P_s}{P_e}})} \quad (8.18)$$

$$K_g = \frac{Q}{\sqrt{P_s \cdot (P_e - P_s)}} \quad (8.19)$$

- Para condições críticas, onde a pressão absoluta de entrada no regulador é superior a 2 vezes a pressão absoluta de saída do regulador ($P_e \geq 2 \times P_s$) considera-se a equação 8.20 para o coeficiente C_g e 8,21 para o coeficiente K_g :

$$C_g = \frac{Q}{0,526 \cdot P_e} \quad (8.20)$$

$$K_g = \frac{2 \cdot Q}{P_e} \quad (8.21)$$

Onde:

- C_g – Coeficiente de caudal da válvula
- P_e – Pressão entrada [bar]
- P_s – Pressão saída [bar]
- K_g – Coeficiente de caudal do regulador
- Q – Caudal [m³/h (n)]

Para as circunstâncias deste projeto verifica-se que $P_e \geq 2 \times P_s$, logo aplica-se a condição crítica.

8.3.3 Filtro do PRM

O dimensionamento dos filtros a instalar no PRM é realizado através da equação 8.22 onde é verificada a área do filtro (A_f):

$$A = \frac{Q}{P_e \cdot v_f \cdot 3600} \quad (8.22)$$

Onde:

- A – Área do filtro [m²]
- Q – Caudal [m³/h (n)]
- v_f – Velocidade no filtro [m/s]
- P_e – Pressão entrada [bar]

CAPÍTULO 9 - CONDIÇÕES PARA ENTRADA EM SERVIÇO

9.1 Requisitos para Instalação

Toda a instalação será executada em conformidade com a legislação técnica aplicável, nomeadamente o Decreto de Lei n.º 263/89 e a Portaria n.º 361/98 com as alterações introduzidas pela Portaria n.º 690/2001.

A instalação deverá ser executada por uma Entidade Instaladora, a qual deverá obrigatoriamente ser possuidor da respetiva carteira profissional qualificada e reconhecida pela DGE conforme o Decreto de Lei n.º 263/89.

Todos os equipamentos e materiais constituintes pertencem no final da obra ao proprietário da unidade industrial e são montados pela Entidade Instaladora que deverá emitir um termo de responsabilidade, segundo o modelo do Despacho n.º 6934/2001 (2.ª série) do Diário da Republica n.º 80 de 4 de abril de 2001. O contador do PRM pertence à concessionária e por ela deve ser montado.

Os trabalhos de soldadura serão executados apenas por soldadores qualificados com certificado oficial atualizado. Os técnicos de gás e os executantes das instalações, afetos aos quadros das empresas instaladoras, devem ser devidamente qualificados e reconhecidos pela Direção Geral de Energia.

9.2 Qualidade dos Materiais

Todos os materiais aplicados deverão ser próprios para a utilização de gás natural, serem isentos de defeitos, incombustíveis e obedecer ao determinado nas respetivas especificações, documentos de homologação e Normas Portuguesas em vigor.

As válvulas, redutores, tubagens e ligações, deverão ser adquiridos com o Certificado de Qualidade segundo a EN 10204.

No final da obra deverá existir um dossier onde conste o registo de especificações e certificados ou declaração de conformidade do material aplicado.

9.3 Ensaios

Todas as tubagens, antes de entrarem em serviço, devem ser submetidas, em toda a sua extensão, de uma só vez ou por troços, a ensaios pelo técnico de gás da empresa instaladora na presença de um representante da entidade inspetora.

Os fluidos admissíveis para a realização do ensaio de estanqueidade são o ar ou o azoto. A pressão de ensaio deverá ser 1,5 vezes a pressão de serviço da tubagem, mas nunca inferior a 2 bar.

Durante o ensaio dever-se-á proceder à medição contínua dos valores das pressões, com auxílio de aparelho registador e de um indicador de pressão para as leituras inicial e final – para troços de comprimento inferior a 500m dispensa-se o cumprimento das disposições relativas à correção das pressões em função da temperatura (Portaria nº 386/94). Os instrumentos de medida deverão dispor de certificado de calibração válido.

O período de ensaio só deverá iniciar-se após a estabilização das condições de pressão. O resultado dos ensaios é considerado satisfatório se após o período de estabilização, a pressão se mantiver constante nas 6 horas seguintes.

Deverá ser elaborado um relatório de ensaio, por um técnico de gás ou por um organismo de inspeção, devidamente reconhecido, do qual constem os seguintes elementos:

- Referência dos troços ensaiados;
- Data, hora e duração;
- Valores das temperaturas verificadas no fluído durante o ensaio;
- Valores da pressão inicial e final do ensaio;
- Conclusões;
- Observações particulares.

9.3.1 Soldadura

As soldaduras dos tubos e acessórios devem ser executadas por soldadores devidamente credenciados pela DGE nos termos do Dec. Lei nº 263/89.

Na tubagem PEAD de diâmetro exterior igual ou superior a 90 mm procede-se à inspeção das soldaduras topo a topo por controlo radiográfico segundo a EN 12517-1, no mínimo de 10% do número de soldaduras executadas.

As soldaduras das tubagens de aço de diâmetro exterior igual ou inferior a 60,3 mm procede-se ao exame visual e controlo de estanquidade com solução espumífera. Às soldaduras de diâmetro exterior igual ou superior a 60,3 mm procede-se aos ensaios não destrutivos a 100% das soldaduras executadas através de controlo radiográfico segundo a EN 12517-1, para soldaduras topo a topo, e líquidos penetrantes segundo NP EN 571-1 para soldaduras com junta tipo de canto.

O Empreiteiro deve registar os parâmetros de soldadura. Os dados devem referenciar, além dos parâmetros de soldadura, a identificação do soldador, equipamento de soldadura, a data e a hora de execução.

9.4 Entrada em Serviço

Posteriormente aos ensaios e entrega do termo de responsabilidade por parte do técnico de gás da entidade instaladora e entrega do certificado de inspeção da instalação e rede de gás por parte da entidade instaladora, a concessionária realiza a entrada em serviço.

Antes do gás ser introduzido na tubagem deve ser verificado se todas as saídas de gás estão fechadas e os orifícios de purga se encontram abertos e protegidos com dispositivos antirretorno. Posteriormente, faz-se a purga do ar ou azoto existente na tubagem para o exterior e insere-se o gás na tubagem de forma contínua e numa velocidade moderada para reduzir o risco de aparecimento de misturas inflamáveis. Deve ser verificado o funcionamento de todos os equipamentos no fim da purga e realizado um ensaio da queima do gás com duração suficiente para assegurar a homogeneidade e estabilidade da chama.

9.5 Manutenção e Inspeções

Após a entrada em serviço cabe ao proprietário da rede e instalação de gás assegurar a manutenção e o cumprimento das inspeções periódicas dentro dos prazos legais de acordo com o Decreto-lei nº 362/2000, com a seguinte periodicidade:

- Dois anos, para as instalações de gás afetas à indústria turística e de restauração, a escolas, a hospitais e outros serviços de saúde, a quartéis e a quaisquer estabelecimentos públicos ou particulares com capacidade superior a 250 pessoas;
- Três anos, para instalações industriais com consumos anuais superiores a 50 000 m³ de gás natural, ou equivalente noutro gás combustível;

Devem ainda realizar-se inspeções á instalações de gás sempre que ocorra uma alteração ao traçado, na secção ou na natureza da tubagem, nas partes comuns ou no interior dos fogos.

A manutenção deve ser realizada por profissionais credenciados e, deve consistir fundamentalmente na:

- Verificação de pontos de fuga através de ensaios de estanqueidade e soluções espumíferas;
- Verificação da validade das mangueiras usadas nos maçaricos;
- Estado de conservação e conformidade com os Regulamentos e normas técnicas aplicáveis;
- Funcionamento dos dispositivos de corte e o seu estado de conservação.

CAPÍTULO 10 – ESTUDO ECONÓMICO

10.1 Descrição

Este estudo económico contempla todos os acessórios e tubagens desde a válvula de corte a jusante do PRM até à ligação dos equipamentos a gás, designados e distintos por rede de distribuição, instalação de gás e rampa de gás. Está ainda contemplada a abertura de vala para passagem de tubagem PEAD no solo e as inspeções e ensaios inerentes a toda a instalação e montagem. Exclui-se o PRM e os equipamentos de controlo de cada equipamento, devendo estes ser fornecidos pela concessionária e fornecedor dos equipamentos respetivamente.

A tubagem vai estar instalada a cerca de 4 metros de altura. Visto ser uma altura pequena, considerou-se, para efeitos de estudo económico, que os trabalhos em altura serão realizados com o auxílio de andaimes.

10.2 Estudo Económico

ESTUDO ECONÓMICO

Descrição	Uni	Qtd.	Total (€)
-----------	-----	------	-----------

Execução da Rede de Distribuição	un.			2 603,08 €
Tubo PEAD (vara 12m) - ø 110	MT.	74	12,32 €	911,68 €
Curva Electrossoldável 90° - ø110	UN.	3	33,00 €	99,00 €
Fita atenção gás	MT.	74	0,10 €	7,40 €
Diversos/Imprevistos (Soldadura, Teflon...)	UN.	1	85,00 €	85,00 €
MÃO OBRA (EQUIPA)	UN.	5	300,00 €	1 500,00 €

Construção Civil para abertura de vala para passagem de tubagem PEAD				1 850,00 €
--	--	--	--	------------

Execução do Corte Geral	un.			1 912,76 €
Transição PE/Aço - ø110 x 3.1/2"	UN.	1	134,40 €	134,40 €
Tubo Aço Nu - 3.1/2" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	3	33,00 €	99,00 €
Curva Aço ASTM A234 STD 90° - 3.1/2"	UN.	1	9,94 €	9,94 €
Válv. M.E Flangeada ICP PN16 3.1/2"	UN.	1	380,80 €	380,80 €
Electroválvula N.C. RM FL DN90 6BAR 24V	UN.	1	343,20 €	343,20 €
Flange Din 2633 WN PN16 3.1/2"	UN.	2	13,06 €	26,12 €
Juntas	UN.	2	1,60 €	3,20 €
Pernos e porcas	UN.	16	1,50 €	24,00 €
Ponteira Aço Rosc. 1/4" em L (sold./sold.)	UN.	1	1,70 €	1,70 €
Válvula Corte Rápido F/F 1/4"	UN.	1	5,60 €	5,60 €
Manómetro 0 - 6 bar C/Glic. ø63 - 1/4" NPT	UN.	1	15,60 €	15,60 €
Caixa Metálica	UN.	1	150,00 €	150,00 €
Linha Terra p/ Corte geral	UN.	1	24,75 €	24,75 €
Calha Metálica Pintada 1500x160x130	UN.	1	17,25 €	17,25 €

Rolo Fita Densoflex 100MM	UN.	4	14,30 €	57,20 €
Diversos/Imprevistos (Soldadura, Teflon...)	UN.	1	20,00 €	20,00 €
MÃO OBRA (EQUIPA)	UN.	2	300,00 €	600,00 €

Execução da instalação de gás	un.			11 141,54 €
Tubo Aço Nu - 3.1/2" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	168	33,00 €	5 544,00 €
Abraçadeira Insono. M8/10 - 3.1/2"	UN.	56	1,80 €	100,80 €
Tê Aço ASTM A234 STD - 3.1/2"	UN.	1	30,00 €	30,00 €
Tê Aço ASTM A234 STD - 3"	UN.	1	26,00 €	26,00 €
Tê Aço ASTM A234 STD - 2.1/2"	UN.	1	23,00 €	23,00 €
Curva Aço ASTM A234 STD 90° - 3"	UN.	7	9,94 €	69,58 €
Tubo Aço Nu - 3" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	7	26,00 €	182,00 €
Abraçadeira Insono. M8/10 - 3"	UN.	2	0,88 €	1,76 €
Tubo Aço Nu - 2.1/2" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	7	23,00 €	161,00 €
Abraçadeira Insono. M8/10 - 2.1/2"	UN.	2	0,70 €	1,40 €
Red. Conc. ASTM A234 STD -3.1/2" x 2"	UN.	1	13,00 €	13,00 €
Red. Conc. ASTM A234 STD -3.1/2" x 3"	UN.	1	12,00 €	12,00 €
Red. Conc. ASTM A234 STD - 3" x 2.1/2"	UN.	1	13,00 €	13,00 €
Red. Conc. ASTM A234 STD -3" x 2"	UN.	1	12,00 €	12,00 €
Red. Conc. ASTM A234 STD -2.1/2" x 2"	UN.	2	11,00 €	22,00 €
Suportes	UN.	70	3,00 €	210,00 €
Diversos/Imprevistos (Soldadura, Teflon...)	UN.	1	220,00 €	220,00 €
MÃO OBRA (EQUIPA)	UN.	15	300,00 €	4 500,00 €

Execução de picagem e rampa de gás de 4 fornos (4 x 520 kW)	un.			14 447,80 €
Tubo Aço Nu - 2" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	28	19,00 €	532,00 €
Válv. M.E FF 2" NPT	UN.	16	33,60 €	537,60 €
Casq. Aço M/M #3000 - 2"	UN.	4	10,62 €	42,48 €
Filtro Spirax/Sarco - 2"	UN.	4	150,20 €	600,80 €
Ponteira Aço Rosc. Dupla SCH 80 - 2"	UN.	4	6,40 €	25,60 €
Ponteira Aço Rosc. 1/4"	UN.	4	1,70 €	6,80 €
Válvula Corte Rápido F/F 1/4"	UN.	4	5,60 €	22,40 €
Manómetro 0 - 4 bar S/Glic. ø63 - 1/4" NPT	UN.	4	7,31 €	29,24 €
Junção Aço 3000# M/F (Rosc./Sold.) - 2"	UN.	12	42,69 €	512,28 €
Tê Aço ASTM A234 STD - 2"	UN.	8	17,00 €	136,00 €
Flange Din 2633 WN PN16 DN50 - 2"	UN.	8	8,50 €	68,00 €
Contador ITRON MZ DN50	UN.	4	768,00 €	3 072,00 €
Regulador Mod. Alfa 50	UN.	4	1 806,65 €	7 226,60 €
Ligação Inox 2"	UN.	4	75,00 €	300,00 €
Abraçadeira Insono. M8/10 - 2"	UN.	9	1,00 €	9,00 €
Suportes	UN.	9	3,00 €	27,00 €
Diversos/Imprevistos (Teflon, buchas, parafusos)	UN.	1	100,00 €	100,00 €
MÃO OBRA (EQUIPA)	UN.	4	300,00 €	1 200,00 €

Execução de picagem e rampa de gás de 3 maçaricos (3 x 30 kW)	un.		2 222,43 €	
Tubo Aço Nu - 3/4" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	9	5,60 €	50,40 €
Válv. M.E FF 3/4" NPT	UN.	3	10,50 €	31,50 €
Casq. Aço M/M #3000 - 3/4"	UN.	2	3,00 €	6,00 €
Filtro Spirax/Sarco Fig. 12 - 3/4" M100	UN.	3	35,25 €	105,75 €
Casq. Aço M/M #3000 - 3/4" x 1/2"	UN.	3	2,64 €	7,92 €
Red. Nova Comet F17 (até 1.5bar)	UN.	3	19,50 €	58,50 €
Porca Latão - 1/2"	UN.	3	0,68 €	2,04 €
Terminal- 1/4" NPT	UN.	3	2,05 €	6,15 €
Porta Borracha 1/4" NPT M	UN.	3	1,80 €	5,40 €
Mangueira Heligas propano	MT.	4,5	3,54 €	15,93 €
Abraçadeira 3/8" gás	UN.	6	0,30 €	1,80 €
Abraçadeira Insono. M8 - 3/4"	UN.	3	0,68 €	2,04 €
Suportes	UN.	3	3,00 €	9,00 €
Diversos/Imprevistos (Soldadura, Teflon...)	UN.	17	60,00 €	1 020,00 €
MÃO OBRA (EQUIPA)	UN.	3	300,00 €	900,00 €

Execução de picagem e rampa de gás de 2 aquecedores (2 x 46 kW)	un.		1 437,20 €	
Tubo Aço Nu - 1" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	12	7,62 €	91,44 €
Válv. M.E FF 1" NPT	UN.	1	11,20 €	11,20 €
Ponteira Aço Rosc. 1/4"	UN.	1	1,70 €	1,70 €
Válvula Corte Rápido F/F 1/4"	UN.	1	5,60 €	5,60 €
Manómetro 0 - 4 bar S/Glic. ø63 - 1/4" NPT	UN.	1	7,31 €	7,31 €
Junção Aço 3000# M/F (Rosc./Sold.) - 1"	UN.	1	19,70 €	19,70 €
Tê Aço ASTM A234 STD - 1"	UN.	1	9,43 €	9,43 €
Red. Conc. ASTM A234 STD - 1" x 3/4"	UN.	2	3,00 €	6,00 €
Tubo Aço Nú - 3/4" (ANSI B 36.10M - SCH40)	MT.	18	5,60 €	100,80 €
Válv. M.E FF 3/4" NPT	UN.	2	10,50 €	21,00 €
Casq. Aço M/M #3000 - 3/4"	UN.	2	3,00 €	6,00 €
Regulador Madas c/ Filtro 3/4"	UN.	2	50,00 €	100,00 €
Ligação Inox F/F 500-1000 C/ Rev 3/4"	UN.	2	21,00 €	42,00 €
Abraçadeira Insono. M8 - 3/4" - 22mm	UN.	6	0,62 €	3,72 €
Abraçadeira Insono. M8 - 1" - 22mm	UN.	9	0,70 €	6,30 €
Suportes	UN.	15	3,00 €	45,00 €
Diversos/Imprevistos (Soldadura, Teflon...)	UN.	1	60,00 €	60,00 €
MÃO OBRA (EQUIPA)	UN.	3	300,00 €	900,00 €

Ensaaios Radiográficos a 100% da tubagem com diâmetro exterior igual ou superior a 60,3 mm (2")				2 300,00 €
Ensaio não destrutivo sobre uma ligação soldada, através de líquidos penetrantes, segundo NP EN 571-1	UN.	2	25,00 €	50,00 €
Ensaio não destrutivo sobre uma ligação soldada, através de radiografia com película de 10x24 cm, segundo EN 12517-1	UN.	90	25,00 €	2 250,00 €
Inspeção c/ Entidade Inspetora				425,00 €
Valor Total do Orçamento				38 339,81 €
Nota: I.V.A. Devido pelo adquirente				

CAPÍTULO 11 – CONCLUSÃO

11.1 Conclusões Gerais

Devido à conjuntura económica atual portuguesa e à aproximação do preço do gás natural a outros combustíveis (por ex. os GPL), verifica-se um fraco investimento em novas instalações de gás natural e a estagnação do setor, no entanto, as metas ambientais do protocolo de Quioto e agora do protocolo de Paris para a redução de emissões de gases efeitos estufa, exigem uma forte mudança nos costumes energéticos, onde o gás natural assume um papel importante.

Foi realizada uma folha de cálculo no programa Excel e não utilizada outra disponível, para que houvesse certeza das equações aplicadas bem como os critérios usados. No entanto, comparou-se valores com com outras folhas de cálculo disponíveis, onde se verificou que o cálculo do comprimento crítico das tubagens é realizado através da soma de todos os comprimentos equivalentes e não pela soma apenas dos comprimentos equivalentes do caminho crítico, isto é, percurso que corresponde ao comprimento de tubagem que alimenta o equipamento a gás com maior caudal.

Em Portugal é recorrente aplicar no cálculo do comprimento equivalente um valor estimado de mais 20% do comprimento total da tubagem de um certo troço, no entanto, verificam-se erros acima dos 50% em alguns troços, nomeadamente em troços de pequeno comprimento, quando calculado o comprimento equivalente em relação ao comprimento equivalente estimado. Apesar do erro ter um valor considerável, a diferença entre usar o valor calculado ou estimado do comprimento equivalente não é significativa para este projeto, o que se conclui que, para pequenos projetos onde os acessórios têm pequenas perdas de carga, a prática do uso do valor aproximado pode poupar algum tempo a um projetista de redes de gás sem que o erro que este esteja a cometer possa prejudicar o bom funcionamento da instalação de gás. Porém, sempre que existam equipamentos que possam introduzir uma perda de carga acentuada num determinado troço, por exemplo uma válvula de globo, o estudo do comprimento equivalente calculado deve ser sempre realizado pelo projetista.

Os desenhos realizados no programa AUTOCAD retratam os pormenores do traçado da tubagem de forma a servir de referência para a futura instalação e montagem da tubagem.

O estudo económico foi realizado a partir da válvula de corte a jusante do PRM até à ligação dos equipamentos. Apesar de resumido, a consulta de preços e equipamentos, são responsáveis por diversas horas de trabalho, o que permitiu ficar com uma noção detalhada dos custos da obra.

O contato com a legislação requer bastante rigor e pesquisa. Nem sempre está referenciada a legislação aplicada para cada caso em projetos existentes, o que leva a uma pesquisa ampliada á legislação Internacional. No caso do cálculo do diâmetro interior da tubagem a utilizar na instalação de gás, as equações utilizadas em Portugal estão conforme a norma Espanhola UNE 60620.

A falta de legislação para instalações de gás acima de 70 kW levanta bastantes questões, sendo que, a legislação aplicada na indústria é a disponível para instalações até 70 kW que nem sempre

está adequada ao setor industrial por estar preparada para pequenas instalações e setor doméstico. Assim, quando não é possível aplicar a legislação até 70 kW, imperam as regras da boa prática e costumes, sendo que, em primeiro lugar, deverá estar sempre a segurança de pessoas e bens.

11.2 Desenvolvimentos Futuros

Como desenvolvimentos futuros pretende-se realizar um projeto chave na mão, onde também é realizada a seleção dos queimadores a gás a instalar no cliente conforme as necessidades do setor industrial em questão.

Face aos incentivos para a eficiência energética, nos próximos anos, será interessante começar a apresentar projetos que contemplem contadores a gás digitais para cada zona de produção, onde a sua monitorização é realizada digitalmente para facilitar um melhor controlo de energia por zona de produção.

Redigir um procedimento para o licenciamento do posto de regulação e medida, onde viesse discriminado os documentos necessários para a licença de exploração. Este procedimento seria uma mais valia para o cliente, pois teria ao seu dispor a informação necessária para organizar a documentação a apresentar para este processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EDP Gás. (dezembro de 2013). Postos de Regulação e Medida de 2º e 3º Classes. *Especificação Técnica 206*. Portugal.
- EDP Gás. (Maio de 2014). Manual de Especificações Técnicas. Portugal.
- ERSE. (Julho de 2015). Relatório Anual para a comissão europeia sobre os mercados de Eletricidade e Gás Natural 2014. Portugal.
- Fiorentini, P. (Junho de 2012). *Sizing Pressure Regulators & Control Valves*.
- IEFP - ISQ. (2002). Gás Natural. Portugal.
- International Code Council. (2012). The International Fuel Gas Code. USA.
- Mesquita, L. (2007). Redes de Gás. *Curso de Engenharia Mecânica*. Portugal.
- REN. (Março de 2008). GAS PROPERTIES. *Specification M-00000-SPC-MI-0002-Rev6*. Portugal.
- REN. (Março de 2015). Relatório da Qualidade de serviço - Gás Natural. Portugal.

Legislação

- Decreto-Lei nº 263/89 de 17 de Agosto:** Regula a atividade das entidades instaladoras e montadoras e define os grupos profissionais associados à atividade da indústria dos gases combustíveis.
- Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de Novembro:** Regulamento geral do ruído.
- Decreto-Lei nº 361/2000, de 20 de Junho:** Regras aplicáveis aos procedimentos a que devem obedecer as inspeções e a manutenção das redes e ramais de distribuição e instalações de gás.
- Decreto-Lei nº 521/99, de 10 de Dezembro:** Projetos de construção, ampliação, recuperação ou reconstrução de edifícios situados no território continental, que sejam apresentados nos respetivos municípios para aprovação, devem incluir obrigatoriamente uma instalação de gás que abranja todos os fogos.
- Decreto-Lei nº 740/74 de 26 de Dezembro:** Regulamento de Segurança de Instalações coletivas de Edifícios e Entradas.
- Diretiva 97/23/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Maio de 1997:**
Aproximação das legislações dos Estados-membros sobre equipamentos sob pressão.
- Diretiva ATEX - 99/92/CE e 99/92/C:** Estabelece as prescrições mínimas destinados a promover a melhoria da proteção, da segurança e da saúde dos trabalhadores, suscetíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas.
- Portaria nº 390/94 de 17 de Junho:** Regulamento técnico relativo ao projeto, construção, exploração e manutenção de gasodutos de transporte de gases combustíveis.

Portaria nº 361/98 de 26 de Junho: Regulamento Técnico Relativo ao Projeto, Construção, Exploração e Manutenção das Instalações de Gás Combustível Canalizado em Edifícios cuja potência instalada, por fogo ou local de consumo, não ultrapasse 70 kW (com as alterações introduzidas pela Portaria n.º 690/2001 de 10 de Julho).

Portaria nº 362/2000 de 20 de Junho: Estabelece as normas a que ficam sujeitos os projetos de instalações de gás a incluir nos projetos de construção, ampliação ou reconstrução de edifícios, veio prever a adoção de mecanismos para assegurar a comprovação da conformidade dos projetos das referidas instalações e da sua execução, bem como os procedimentos para a realização de inspeções regulares.

Portaria nº 376/94 de 14 de Junho: Regulamento técnico relativo à instalação, exploração e ensaio de postos de redução de pressão a instalar nos gasodutos de transporte e nas redes de distribuição de gases combustíveis.

Portaria nº 386/94 de 16 de Junho: Regulamento técnico relativo ao projeto, construção, exploração e manutenção das redes de distribuição de gases combustíveis cuja pressão de serviço não exceda 4 bar (com as alterações introduzidas pela Portaria n.º 690/2001 de 10 de Julho).

Portaria nº 390/94 de 17 de Junho: Regulamento técnico relativo ao projeto, construção, exploração e manutenção de gasodutos de transporte de gases combustíveis.

Portaria n.º 690/2001 de 10 de Julho: Alterações introduzidas à Portaria nº 361/98 de 26 de Junho e Portaria n.º 386/94, de 16 de Junho.

Portaria nº 362/2000, de 20 de Junho: Aprova os Procedimentos Relativos às Inspeções e à Manutenção das Redes e Ramais de Distribuição e Instalações de Gás e o Estatuto das Entidades Inspetoras das Redes e Ramais de Distribuição e Instalações de Gás.

Normas

ANSI B 2.1: *American Standard Taper Thread (NPT).*

ANSI B 36.10M (2004): *Welded and Seamless Wrought Steel Pipe.*

ASTM A234: *Standard Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High Temperature Service.*

DIN 2633 PN16: *Welding Neck Flange.*

DIN 3386 (1973): *Filters in interior gas-installation pipes.*

DIN 17100 (1980): *Steels for general structural purposes.*

EN 161 (2011): *Automatic shut-off valves for gas burners and gas appliances*

EN 437+A (2003): *Test gases – Test pressures – Appliance categories.*

- EN 12517-1 (1998):** *Non-destructive testing of welds - Part 1: Evaluation of welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys by radiography - Acceptance levels*
- EN 13067 (2003):** *Plastics welding personnel. Qualification testing of welders. Thermoplastics welded assemblies.*
- EN 13611 (2007):** *Safety and control devices for gas burners and gas burning appliances - General requirements*
- ISO 228-1 (2000):** *Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads - Part 1: Dimensions, tolerances and designation.*
- ISO 1133 (2005):** *Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics.*
- ISO 1183 (2004):** *Methods for determining the density of non-cellular plastics*
- ISO 4437 (2014):** *Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels - Polyethylene (PE)*
- NFE 29-536 (1980):** *Tuyauterie - Raccords démontables à jonction sphéro-conique - PN 10.*
- NP EN 331 (1998):** Válvulas de macho esférico e válvulas de macho cónico de fundo plano destinadas a ser manobradas manualmente e a ser utilizadas nas instalações de gás dos edifícios.
- NP EN 334 (2005):** Reguladores de pressão de gás para pressões de entrada até 100 bar.
- NP EN 571-1 (2001):** Ensaaios não destrutivos Ensaaios por líquidos penetrantes Parte 1: Princípios gerais.
- NP EN 1037 (2002):** Ventilação e Evacuação dos Produtos da Combustão dos Locais com Aparelhos a Gás.
- NP EN 1555 (2005):** Sistemas de tubagens de plástico para abastecimento de combustíveis gasosos. Polietileno (PE).
- NP EN 10204 (2004):** Produtos metálicos. Tipos de documentação de inspeção (garantia de qualidade) - (inspeção 3.1).
- NP EN 10208-1 (2011):** Tubos de aço para tubagens de gases combustíveis. Condições técnicas de entrega. Requisitos das tubagens de classe A.
- NP EN 10226-1 (2004):** Roscas para tubagens com junta de estanquidade no filete. Designação, dimensões e tolerâncias.
- NP EN 12261 (2010):** Contadores de gás – contadores de gás de turbina.
- NP EN 10255 (2004):** Tubos de aço não ligado com aptidão para soldadura e roscagem. Condições técnicas de fornecimento (substitui a DIN 2440 e BS 1387).
- NP EN 837-1/2/3 (2003):** Manómetros de tubo de Bourdon.
- NP 182 (1996):** Cores e sinais convencionais para identificação de fluidos nos encanamentos.
- NP 927 (1976):** Aparelhos Termo domésticos e termo industriais a gás.

- NP 998 (1973):** Conduitas de evacuação dos produtos de Combustão.
- NP 1038 (1992):** Tubos e mangueiras flexíveis de alimentação de gás.
- NP 4271 (1994):** Redes, ramais de distribuição e utilização de gases combustíveis de 1ª, 2ª e 3ª família – simbologia.
- NP 4415 (2002):** Classificação dos aparelhos que utilizam os combustíveis gasosos segundo o modo de evacuação dos produtos da combustão.
- NP 4431 (2004):** Ligações roscadas para instalações de gás. Requisitos, materiais e características.
- NP 4436 (2005):** Tubos flexíveis de borracha e plásticos para utilização com gás combustível. Requisitos para os tubos de borracha e plástico para ligação aos aparelhos que utilizam combustíveis gasosos da 2ª família.
- UNE 60620 (1988):** *Instalaciones receptoras de gas natural suministradas en alta presión.*
- UNE 60740-4 (1985):** *Separación máxima entre soportes de tubería (m).*

ANEXOS

- Anexo I – Comprimentos equivalentes de acessórios e válvulas**
- Anexo II – Folha de cálculo do programa Excel dos comprimentos equivalentes calculados, estimados e o erro [%]**
- Anexo III – Folha de cálculo Excel do dimensionamento da tubagem**
- Anexo IV – Diâmetros interiores normalizados para tubagem de aço e PEAD**
- Anexo V – Posto de regulação e medida e dimensionamento de equipamentos a instalar**
- Anexo VI – Planta da rede e instalação de gás**
- Anexo VII – Perspetiva isométrica da rede e instalação de gás**

Anexo I - Comprimentos equivalentes de acessórios e válvulas

		SCREWED FITTINGS ¹				90° WELDING ELBOWS AND SMOOTH BENDS ²					
		45°/Ell	90°/Ell	180°close return bends	Tee	R/d = 1	R/d = 1 1/3	R/d = 2	R/d = 4	R/d = 6	R/d = 8
k factor =		0.42	0.90	2.00	1.80	0.48	0.36	0.27	0.21	0.27	0.36
L/d' ratio⁴ n =		14	30	67	60	16	12	9	7	9	12
Nominal pipe size, inches	Inside diameter d, inches, Schedule 40 ⁶	L = Equivalent Length In Feet of Schedule 40 (Standard-weight) Straight Pipe⁶									
1/2	0.622	0.73	1.55	3.47	3.10	0.83	0.62	0.47	0.36	0.47	0.62
3/4	0.824	0.96	2.06	4.60	4.12	1.10	0.82	0.62	0.48	0.62	0.82
1	1.049	1.22	2.62	5.82	5.24	1.40	1.05	0.79	0.61	0.79	1.05
1 1/4	1.380	1.61	3.45	7.66	6.90	1.84	1.38	1.03	0.81	1.03	1.38
1 1/2	1.610	1.88	4.02	8.95	8.04	2.14	1.61	1.21	0.94	1.21	1.61
2	2.067	2.41	5.17	11.5	10.3	2.76	2.07	1.55	1.21	1.55	2.07
2 1/2	2.469	2.88	6.16	13.7	12.3	3.29	2.47	1.85	1.44	1.85	2.47
3	3.068	3.58	7.67	17.1	15.3	4.09	3.07	2.30	1.79	2.30	3.07
4	4.026	4.70	10.1	22.4	20.2	5.37	4.03	3.02	2.35	3.02	4.03
5	5.047	5.88	12.6	28.0	25.2	6.72	5.05	3.78	2.94	3.78	5.05

		MITER ELBOWS ³ (No. of miters)					WELDING TEES		VALVES (screwed, flanged, or welded)			
		1-45°	1-60°	1-90°	2-90° ⁵	3-90° ⁵	Forged	Miter ³	Gate	Globe	Angle	Swing Check
k factor =		0.45	0.90	1.80	0.60	0.45	1.35	1.80	0.21	10	5.0	2.5
L/d' ratio⁴ n =		15	30	60	20	15	45	60	7	333	167	83
Nominal pipe size, inches	Inside diameter d, inches, Schedule 40 ⁶	L = Equivalent Length In Feet of Schedule 40 (Standard-weight) Straight Pipe⁶										
1/2	0.622	0.78	1.55	3.10	1.04	0.78	2.33	3.10	0.36	17.3	8.65	4.32
3/4	0.824	1.03	2.06	4.12	1.37	1.03	3.09	4.12	0.48	22.9	11.4	5.72
1	1.049	1.31	2.62	5.24	1.75	1.31	3.93	5.24	0.61	29.1	14.6	7.27
1 1/4	1.380	1.72	3.45	6.90	2.30	1.72	5.17	6.90	0.81	38.3	19.1	9.58
1 1/2	1.610	2.01	4.02	8.04	2.68	2.01	6.04	8.04	0.94	44.7	22.4	11.2
2	2.067	2.58	5.17	10.3	3.45	2.58	7.75	10.3	1.21	57.4	28.7	14.4
2 1/2	2.469	3.08	6.16	12.3	4.11	3.08	9.25	12.3	1.44	68.5	34.3	17.1
3	3.068	3.84	7.67	15.3	5.11	3.84	11.5	15.3	1.79	85.2	42.6	21.3
4	4.026	5.04	10.1	20.2	6.71	5.04	15.1	20.2	2.35	112.0	56.0	28.0
5	5.047	6.30	12.6	25.2	8.40	6.30	18.9	25.2	2.94	140.0	70.0	35.0

Para SI: 1 foot = 305 mm, 1 degree = 0.01745 rad

Anexo II – Folha de cálculo do programa Excel dos comprimentos equivalentes calculados, estimados e o erro [%]

Troço		Acessórios	DN	Qtd.	Perda de Carga [polegadas]	Perda de Carga Total [m]	Leq real [m]	Leq [m] teórico (+20%)	Erro [%]
Inic.	Final								
PRM	CCG	Tubo	110	74	-	74,00	78,29	88,80	13%
		Curva		3	4,09	3,74			
		Tê		0	-	0,00			
		Válvula		1	1,79	0,55			
CCG	A	Tubo	3"1/2	77	-	77,00	84,84	92,40	9%
		Curva		5	4,73	7,21			
		Tê		0	-	0,00			
		Válvula		1	2,07	0,63			
A	AA	Tubo	1"	12	-	12,00	18,88	14,40	24%
		Curva		3	1,4	1,28			
		Tê (picagem)		1	17,75	5,41			
		Válvula		1	0,61	0,19			
AA	1	Tubo	3/4"	9	-	9,00	10,68	10,80	1%
		Curva		1	1,1	0,34			
		Tê		1	3,93	1,20			
		Válvula		1	0,48	0,15			
AA	2	Tubo	3/4"	9	-	9,00	10,68	10,80	1%
		Curva		1	1,1	0,34			
		Tê		1	3,93	1,20			
		Válvula		1	0,48	0,15			
A	B1	Tubo	3"1/2	17	-	17,00	22,41	20,40	9%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê (picagem)		1	17,75	5,41			
		Válvula		0	-	0,00			
B1	3.1	Tubo	3/4"	3	-	3,00	8,56	3,60	58%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê		1	17,75	5,41			
		Válvula		1	0,48	0,15			
B1	B2	Tubo	3"1/2	4	-	4,00	9,41	4,80	49%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê (picagem)		1	17,75	5,41			
		Válvula		0	-	0,00			
B2	3.2	Tubo	3/4"	3	-	3,00	8,56	3,60	58%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê (picagem)		1	17,75	5,41			

		Válvula		1	0,48	0,15			
B2	B3	Tubo	3"1/2	4	-	4,00	9,41	4,80	49%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê (picagem)		1	17,75	5,41			
		Válvula		0	-	0,00			
B3	3.3	Tubo	3/4"	3	-	3,00	8,56	3,60	58%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê (picagem)		1	17,75	5,41			
		Válvula		1	0,48	0,15			
B3	C1	Tubo	3"1/2	50,2	-	50,20	59,48	60,24	1%
		Curva		6	4,73	8,65			
		Tê (picagem)		0	-	0,00			
		Válvula		1	2,07	0,63			
C1	2.1	Tubo	2"	3	-	3,00	8,26	3,60	56%
		Curva		1	2,76	0,84			
		Tê		1	13,3	4,05			
		Válvula		1	1,21	0,37			
C1	C2	Tubo	3"	6,5	-	6,50	10,01	7,80	22%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê		1	11,5	3,51			
		Válvula		0	-	0,00			
C2	2.2	Tubo	2"	3	-	3,00	7,72	3,60	53%
		Curva		1	2,76	0,84			
		Tê		1	11,5	3,51			
		Válvula		1	1,21	0,37			
C2	C3	Tubo	2"1/2	6,5	-	6,50	9,32	7,80	16%
		Curva		0	-	0,00			
		Tê		1	9,25	2,82			
		Válvula		0	-	0,00			
C3	2.3	Tubo	2"	3	-	3,00	7,03	3,60	49%
		Curva		1	2,76	0,84			
		Tê		1	9,25	2,82			
		Válvula		1	1,21	0,37			
C3	2.4	Tubo	2"	10,4	-	10,40	15,27	12,48	18%
		Curva		2	2,76	1,68			
		Tê		1	9,25	2,82			
		Válvula		1	1,21	0,37			

Anexo III – Folha de cálculo Excel do dimensionamento da tubagem

[illegible]

Anexo IV - Diâmetros interiores normalizados para tubagem de aço e PEAD

Diâmetros interiores normalizados para tubagem de aço

DIMENSÕES E PESOS DOS TUBOS DE AÇO SCHEDULE 40

Tube dimensions and weights

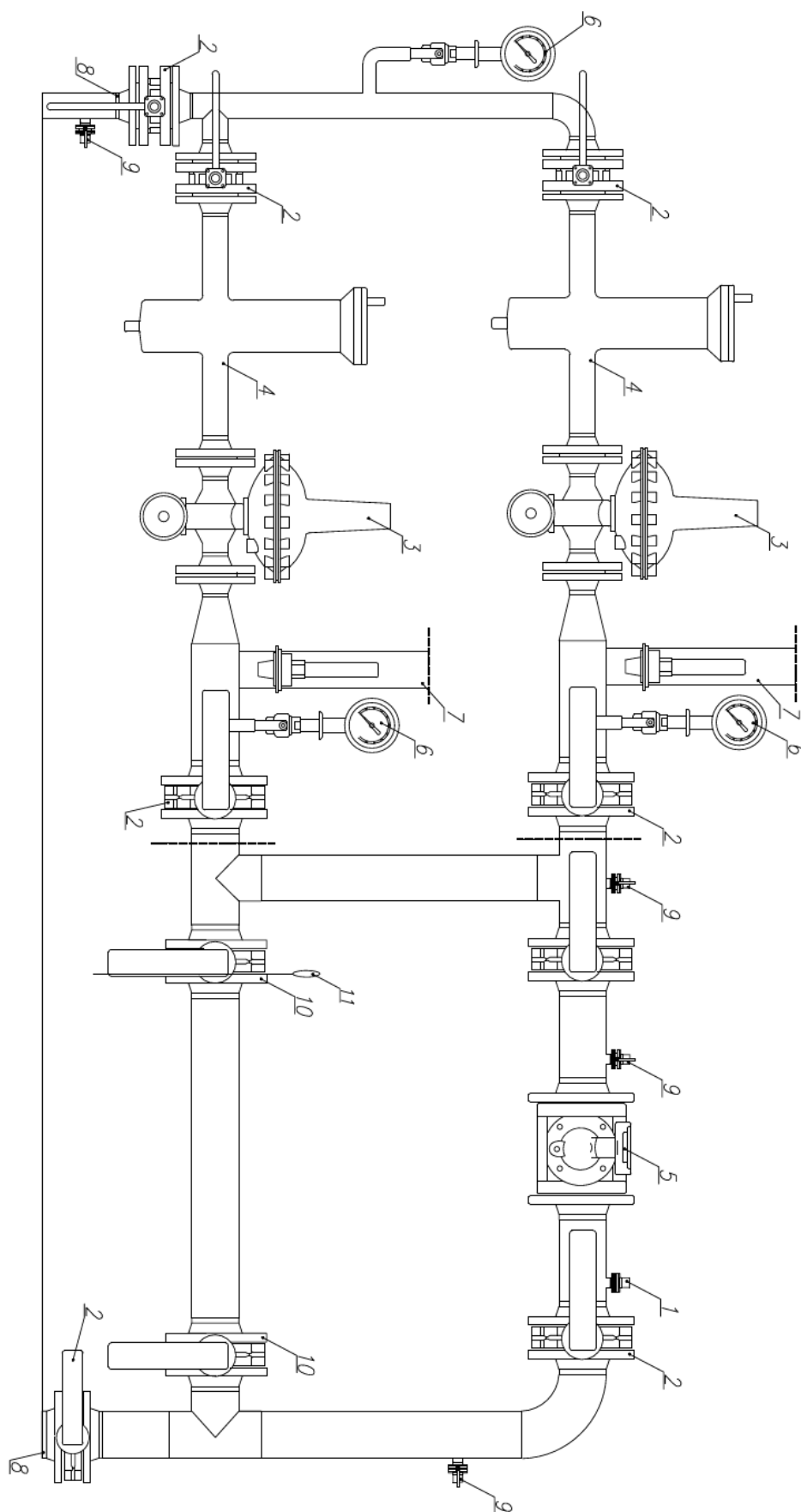
DIÂMETRO NOMINAL	DIÂMETRO EXTERNO (MM)	DIÂMETRO INTERNO (MM)	ESPESSURA DE PAREDE (MM)	PESO TUBO VAZIO (kg/m)	ÁREA DE SEÇÃO LIVRE (cm ²)	ÁREA DE SEÇÃO DE METAL (cm ²)	SUPERFÍCIE EXTERNA (m ² /m)
1/2	21,3	15,8	2,77	1,27	1,96	1,6	0,067
3/4	26,7	21,0	2,87	1,69	3,46	2,14	0,084
1	33,4	26,6	3,38	2,5	5,56	3,2	0,105
1,1/4	42,2	35,1	3,56	3,39	9,68	4,31	0,133
1,1/2	48,3	40,9	3,68	4,05	13,14	5,18	0,152
2	60,3	52,5	3,91	5,44	21,65	6,91	0,189
2,1/2	73,0	62,7	5,16	8,63	30,88	10,98	0,229
3	88,9	77,9	5,49	11,3	47,66	14,41	0,279
4	114,3	102,3	6,02	16,1	82,19	20,41	0,359
6	168,3	154,1	7,11	28,3	186,51	35,96	0,529
8	219,1	202,7	8,18	42,5	322,7	54,33	0,688
10	273	254,5	9,27	60,3	508,71	76,65	0,858
12	323,8	303,2	10,31	79,7	722,02	101,44	1,017
14	355,6	333,3	11,13	94,5	872,49	120,66	1,117
16	406,4	381	12,7	123,0	1140,0	157,08	1,277

Dimensões conforme ANSI B-36.10M

Diâmetros Interiores Normalizados para tubagem de PEAD

Diâmetro exterior (mm)	Espessura (mm)	Diâmetro interior (mm)
20	3,0	14,0
32	3,0	26,0
40	3,7	32,6
63	5,8	51,4
110	10,0	90,0
160	9,5	141,0
200	11,9	176,2

Os tubos de Polietileno devem ser conforme a NP EN 1555.

Anexo V - Posto de regulação e medida e dimensionamento de equipamentos a instalar

Item	Quant.	Equipamento	Marca	DN
1	1	Bainha com sonda de temperatura com furo interior de 6 mm	Gesa	-
2	9	Válvula de corte tipo borboleta	Valpres	80
3	2	Regulador de pressão	P. Fiorentini Norval	40
4	2	Filtro	Filtro de gás tipo G	65
5	1	Contador de gás Itron G160ER	Itron	80
6	2	Manómetro 0-6 bar c/ glicerina	Fimet	-
6	1	Manómetro 0-25 bar c/ glicerina	Fimet	
7	2	Válvula de segurança / alívio	P. Fiorentini VS/AM-65TR	25
8	1	Transição	-	-
9	4	Toma de pressão com válvula ½" fêmea tamponada	-	-
10	1	Válvula selada	Valpres	80
11	1	Raquete cega	Ulma	80

Tubagem e acessórios a instalar a montante do regulador

Dados

Pe [bar]	4,00
Q [m ³ (n)/h]	226,90
Vmax [m/s]	30

Resultados

Diâmetro calculado [mm]	23,14
D interior normalizado [mm]	26,6
Diâmetro comercializado	1"
Velocidade [m/s]	23,08

Tubagem e acessórios a instalar a jusante do regulador

Dados

Ps [bar] rel.	1,50 (2,5 bar abs.)
Q [m ³ (n)/h]	226,90
Vmax [m/s]	25

Resultados

Diâmetro calculado [mm]	35,85
D interior normalizado [mm]	40,9
Diâmetro comercializado	1.1/2"
Velocidade [m/s]	19,4

Regulador

Dados

Q [m ³ (n)/h]	226,90
Pe [bar] abs	5

Resultados

Cg	86,27
Kg	90,76

Tabela de coeficientes para Reguladores Pietro Fiorentini

Nominal diameter (mm)	25	40	50	65	80	100	150	200
Size (inches)	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"
Cg coefficient	331	848	1360	2240	3395	5100	10600	16600
KG coefficient	348	892	1430	2356	3571	5365	11151	17463
K1 coefficient	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78

Regulador a usar:

Pietro Fiorentini Norval DN 25

Filtro

Dados

Pe [bar] abs.	5,00
Vmax [m/s]	0,33
Q [m3(n)/h]	226,90

Resultados

Área [m2]	0,0382
-----------	--------

Tabela de dimensões do cartucho do filtro

TIPO TYPE	GC 01	GC 02	GC 10	GC 20	G 0,5	G 1	G 1,5	G 2	G 2,5	G 3	G 4	G 5	G 6
H (mm)	50	65	100	130	120	165	210	270	283	320	415	470	625
Ø A (mm)	70	90	70	90	80	95	120	165	200	252	299	390	475
Ø B (mm)	30	40	30	40	35	50	69	86	110	138	186	246	320
Superfície filtrante (mq) Filter. area (sqm)	0,066	0,12	0,12	0,22	0,06	0,125	0,23	0,47	0,725	0,95	1,45	2,30	4,20

Filtro a usar:

Pietro Fiorentini HFA 0,5 DN 25



FILTRI A CARTUCCIA - CARTRIDGE FILTERS HFA/... - HFB/...



HFA/...



HFB/...

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- Pressione massima di esercizio: fino a 17,6 bar
- Temperatura massima di esercizio: fino a 60 °C
- Impiego: gas naturale, gas manifatturato, gas non aggressivi
- Capacità di raccolta: superiore al 12% della capacità totale del filtro con spurgo sulla parte inferiore
- Flangitura: ANSI 150 RF e PN 16 UNI/DIN
- Connessioni: in linea HFA/... o a squadra HFB/...

MATERIALI

- Tubo: ASTM A 106 Gr. B
- Flange: ASTM A 105

ELEMENTO FILTRANTE

- Materiale: Poliestere di feltro e lamiera di rinforzo forata
- Grado di filtrazione: 3 - 5 - 50 µm
- Efficienza: 98%
- Tipo: 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6

ACCESSORI A RICHIESTA

- Singola o doppia valvola di spurgo
- Indicatore di intasamento
- Indicatore di intasamento con allarme a distanza (contatto tipo reed)
- Manifold 3 valvole 5 vie in acciaio al carbonio o inossidabile per by-pass dell'indicatore di intasamento
- Manometro
- Pressostato differenziale
- Livellostato

MAIN FEATURES

- Max working pressure: up to 17,6 bar
- Max working temperature: up to 60 °C
- Service: natural gas, town gas, non corrosive gases.
- Collecting capacity: over 12% of total filter capacity with drain on bottom part
- Flanging: ANSI 150 RF and PN 16 UNI/DIN
- Connections: in-line HFA/... or right angles HFB/...

MATERIALS

- Pipe: ASTM A 106 Gr. B
- Flanged: ASTM A 105

FILTERING ELEMENT

- Material: Felt polyester drilled and reinforcing steel plate.
- Filtering capacity: 3 - 5 - 50 µm
- Efficiency: 98%
- Type: 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6

AVAILABLE ACCESSORIES

- Single or double drain ball valve
- Clogging indicator
- Loss of pressure indicator with remote switch (reed contact)
- 3 valves 5 ways carbon or stainless steel manifold for loss of pressure indicator by-pass
- Pressure gauge
- Differential pressure switch
- Level gauge switch

tipo type	DN bocchelli disponibili available nozzle DN	DN spurgo drain DN	tipo cartuccia cartridge type	N° cartuccie cartridge Q.TY	peso (kg) weight (kg)	capacità totale (lt) total volume (liters)	capacità di raccolta (lt) collecting vol. (liters)
HFA/0,5 HFB/0,5	25 32 40 50	1/2"	G0,5	1	30	3	1
HFA/1 HFB/1	- - 40 50	1/2"	G1	1	30	5	1,2
HFA/1,5 HFB/1,5	- - 65 80	1/2"	G1,5	1	42	10	2
HFA/2 HFB/2	- - 80 100	1/2"	G2	1	60	20	5
HFA/2,5 HFB/2,5	- - 100 125	1/2"	G2,5	1	85	40	8
HFA/3 HFB/3	- - 125 150	1"	G3	1	115	60	14
HFA/4 HFB/4	- - 150 200	1"	G4	1	250	180	27
HFA/5 HFB/5	- - 200 250	1"	G5	1	350	215	50
HFA/6	- - - 300 350	1"	G6	1	800	420	85

Anexo VI - Planta da rede e instalação de gás

Anexo VII - Perspetiva isométrica da rede e instalação de gás